This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

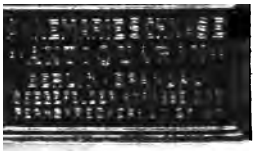
+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.



BOSTON
MEDICAL LIBRARY
8 THE FENWAY

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

SIEBZIGSTER BAND.

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1875.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LXX. BAND. III. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1874. — HEFT I BIS V.

(Mit 13 Tafeln.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1875.

CATALOGUED
NOV 15 1955
A. J. D.

BOSTON MEDICAL
NOV 15 1955
LIBRARY

INHALT.

Seite

XV. Sitzung vom 11. Juni 1874: Übersicht 3

Rollett, Über die verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskel-Apparate. (Mit 3 Tafeln.) [Preis: 1 fl. 20 kr. = 24 Ngr.] 7

XVI. Sitzung vom 18. Juni 1874: Übersicht 61

XVII. Sitzung vom 25. Juni 1874: Übersicht 64

XVIII. Sitzung vom 9. Juli 1874: Übersicht 69

Maly, Untersuchungen über die Gallenfarbstoffe. IV. (Mit 1 Holzschnitt.) [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 72

XIX. Sitzung vom 16. Juli 1874: Übersicht 83

Strawinski, Über den Bau der Nabelgefässe und über ihren Verschluss nach der Geburt. (Mit 3 Tafeln.) [Preis: 40 kr. = 8 Ngr.] 85

XX. Sitzung vom 23. Juli 1874: Übersicht 101

v. Ebner, Untersuchungen über das Verhalten des Knochengewebes im polarisirten Lichte. (Mit 2 Holzschnitten und 1 Tafel.) [Preis: 60 kr. = 12 Ngr.] 105

Brücke, Über das Verhalten der entnervten Muskeln gegen den constanten Strom. [Preis: 10 kr. = 2 Ngr.] 144

Exner, Kleine Mittheilungen physiologischen Inhaltes. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 151

XXI. Sitzung vom 8. October 1874: Übersicht 165

Hering, Zur Lehre vom Lichtsinne. VI. Mittheilung: Grundzüge einer Theorie des Farbensinnes. [Preis: 25 kr. = 5 Ngr.] 169

XXII. Sitzung vom 15. October 1874: Übersicht 205

XXIII. Sitzung vom 22. October 1874: Übersicht 207

XXIV. Sitzung vom 5. November 1874: Übersicht 213

Henke u. *Reyher,* Studien über die Entwicklung der Extremitäten des Menschen, insbesondere der Gelenkflächen. (Mit 4 Tafeln.) [Preis: 1 fl. 50 kr. = 1 Thlr.] 217

Seite

XXV. Sitzung vom 12. November 1874: Übersicht 274

XXVI. Sitzung vom 19. November 1874: Übersicht 277

XXVII. Sitzung vom 3. December 1874: Übersicht 283

Schenk, Entwicklungsvorgänge im Eichen von *Serpula* nach der künstlichen Befruchtung. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 30 kr. = 6 Ngr.] 287

XXVIII. Sitzung vom 10. December 1874: Übersicht 302

XXIX. Sitzung vom 17. December 1874: Übersicht 305

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

6.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

BOSTON MEDICAL
NOV 15 1955
LIBRARY

XV. SITZUNG VOM 11. JUNI 1874.

Der Secretär liest einen Erlass des h. Curatoriums vom 1. Juni l. J., wodurch die Akademie in Kenntniss gesetzt wird, dass die Centralgesellschaft für Bienenzucht und Entomologie zu Paris in der Zeit vom 15. September bis 11. October 1874 eine Ausstellung von schädlichen und nützlichen Insecten veranstalten wird, mit welcher gleichzeitig die Abhaltung eines wissenschaftlichen Congresses in Aussicht genommen ist. Die k. Akademie wird ersucht, einen oder mehrere Fachmänner zu bezeichnen, welche die k. k. österr. Regierung bei diesem Congresse zu vertreten hätten.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskelapparate.“ I. Abtheilung, von Herrn Prof. Dr. Alex. Rollett in Graz.

„Dodekas neuer Cladoceren nebst einer kurzen Übersicht der Cladocerenfauna Böhmens“, von Herrn Wilh. Kurz, Gymnasial-Professor in Deutschbrod.

„Über eine neue Kraftmaschine, Seitendruck-Maschine, getrieben von comprimirter Luft, Dampf und Wasser, überhaupt von allen ausdehnsam und tropfbar flüssigen Körpern“, von Herrn Jos. Litzer, Ingenieur zu Losenstein in Ober-Österreich.

Herr C. Eugen Lehmann in Düsseldorf übersendet eine autographirte Abhandlung: „Die Gesetze der Individualität der Planeten unseres Sonnensystems.“

Herr Prof. Dr. A. Winckler überreicht eine Abhandlung: „Über die unbestimmte Integration einer Gattung transcendenter Functionen.“

Herr Prof. Dr. Jul. Wiesner legt eine, im pflanzenphysiologischen Institute der Wiener Universität ausgeführte Arbeit des Herrn Emil Schumacher aus Luzern vor, betitelt: „Beiträge zur Morphologie und Biologie der Hefe.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVII, Sess. 4ª. Roma, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften, kgl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. März 1874. Berlin; 8°.

American Chemist. Vol. IV, Nr. 11. Philadelphia, 1874; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 15—17. Wien, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1989—1995. (Bd. 83. 21—24; Bd. 84. 1—3.) Kiel, 1874; 4°.

Berliner Astronomisches Jahrbuch für 1876. Berlin, 1874; 8°.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1874. Nr. 1 & 2. Roma; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 20—21. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, Oberlausitzische: Neues Lausitzisches Magazin. L. Band, 2. Heft. Görlitz, 1873; 8°.

— k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVII (neuer Folge VII), Nr. 5. Wien, 1874; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Bd., Nr. 11. Wien, 1874; 4°.

— für Salzburger Landeskunde: Mittheilungen. XIII. Vereinsjahr 1873. Salzburg; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 21—23. Wien, 1874; 4°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 11. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k. in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1874. Nr. 8—9. Wien; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. Ergänzungsheft Nr. 37. Gotha, 1874; 4°.

Moniteur scientifique du D^teur^ Quesneville. 390^e^ Livraison. Paris, 1874; 4°.

Nature. Nrs. 238—240, Vol. X. London, 1874; 4°.

Panstenographikon. Zeitschrift für Kunde der stenographischen Systeme aller Nationen. I. Bd., 2. Lieferung. Leipzig, 1869; 8°.

Revista de la Universidad de Madrid. 2^a^ Epoca. Tomo II, Nr. 5—6; Tome III, Nr. 1. Madrid, 1873 & 1874; 4°.

Revista de Portugal e Brazil. II° Vol. Nr. 2—3. Lisboa, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIIe Année, 2me Série, Nrs. 47—49. Paris, 1874; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1874, Disp. 3^a^—4^a^. Palermo; 4°.

Société Linnéenne du Nord de la France: Bulletin mensuel. 3e Année. 1874. Nrs. 23—24. Amiens; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XXIe. 1874. Comptes rendus des séances 1. Paris; 8°.

— Géologique de France: Bulletin. 3e Série, Tome IIe. 1874, Nr. 2. Paris; 8°.

— de Médecine et de Chirurgie de Bordeaux: Mémoires et Bulletins. Année 1873, 3me—4me Fasc. Paris & Bordeaux; 8°.

Society, The Asiatic of Bengal: Journal. 1873. Part I, Nrs. 2—3; Part II, Nr. 3. Calcutta; 8°. — Proceedings. 1873, Nrs. 5—9. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica.* Old Series. Nr. 232; New Series. Nrs. 260, 277, 279, 280—282, 285, 286, 288. Calcutta, 1872 & 1873; 8° & 4°.

Verein, Entomologischer, in Berlin: Berliner Entomologische Zeitschrift. XVII. Jahrgang (1873), 3. & 4. Vierteljahrsheft; XVIII. Jahrgang (1874), 1. & 2. Vierteljahrsheft. Berlin, 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 21—23. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 8. & 9. Heft. Wien, 1874; 4°.

Über die verschiedene Erregbarkeit functionell verschiedener Nervmuskel-Apparate.

Von **Alexander Rollett.**

(Mit 3 Tafeln.)

I. Abtheilung.

Bei einer Reihe von Versuchen am Hüftnerven des Frosches fiel mir vor einiger Zeit die mit der Intensität des Reizes wechselnde Form der am Unterschenkel und Fusse zu beobachtenden Bewegungen so sehr auf, dass ich nicht mehr unterlassen konnte, diesen Erscheinungen eingehendere Studien zu widmen. — Es zeigte sich dabei immer wieder die Thatsache, dass bei ansteigender Reizung des gemeinsamen Nervenstammes, so lange die Reize schwach sind, eine functionell bestimmte Muskelgruppe, — z. B. die Beuger des Fusses — das Übergewicht über die Gruppe ihrer Antagonisten — die Strecker des Fusses — besitzt; während bei starken Reizen das umgekehrte Verhältniss auftritt.

Eine Gliedmasse wird also bei schwacher Erregung des gemeinsamen Nervenstammes in ganz bestimmt anderer Richtung bewegt als bei starker Erregung des Nervenstammes.

Überlegt man sich diese Thatsache genauer, so wird man sofort darauf geführt, dass das Vorhandensein einer verschiedenen Erregbarkeit der für functionell verschiedene Muskeln bestimmten Fasern des Nervenstammes einen ausreichenden Erklärungsgrund für unsere Erscheinung abgeben würde; dass aber nicht umgekehrt aus der verschiedenen Bewegungsrichtung bei schwachen und bei starken Reizen eine im Querschnitt des Nervenstammes wechselnde Erregbarkeit ohne Weiteres gefolgert werden kann.

Man würde sich in letzterem Falle dem ganz gerechtfertigten Einwurfe aussetzen, Erscheinung und Erklärung nicht gehörig auseinander gehalten zu haben.

Verfährt man streng und folgerichtig, dann müssten, ehe man auf Grund unserer Erscheinung von einer verschiedenen Erregbarkeit der beispielsweise die Beuger und der die Strecker eines bestimmten Gelenkes innervirenden Fasern eines bestimmten Nervenstammes sprechen könnte, alle anderen Möglichkeiten für die Erklärung unserer Erscheinung ausgeschlossen sein; oder aber es müsste der Nachweis des Vorhandenseins einer solchen gesetzmässig verschiedenen Erregbarkeit der im Nervenstamme nebeneinander liegenden, für die Beuger und für die Strecker bestimmten Fasern vorerst noch nach einer anderen messenden Methode erbracht worden sein, ehe man unsere Erscheinung auf eine solche verschiedene Erregbarkeit zurückführen könnte.

Möge der Leser die besondere Darlegung dieser klaren logischen Forderungen nicht sofort einer abfälligen Kritik unterziehen, denn er wird sich später davon überzeugen, dass man sich thatsächlich oft und lange dagegen versündigt hat.

Ehe ich aber in die Geschichte unseres Gegenstandes näher eingehe, möchte ich gerne noch darauf aufmerksam machen, von welcher Wichtigkeit es wäre, wenn der Nachweis erbracht würde, dass an von allen centralen Verbindungen losgelösten Nervmuskel-Apparaten einzelne funktionell bestimmte Muskeln auf geringere Intensitäten des den gemeinsamen Nervenstamm treffenden Reizes antworten, als andere von jenen funktionell verschiedene Muskeln.

Es müsste diese Thatsache mit in Rechnung gebracht werden bei einer Reihe von Erscheinungen, für welche man bis nun geneigt war, allein die Verbindung der Nerven mit den Centralorganen in Betracht zu ziehen.

Ich erinnere daran, dass beim Frosch der Brondgeest'sche Tonus nur in gewissen Beugern und in den Motoren des Fusses und der Zehen nach vor- und aufwärts vorhanden ist.

An die Verschiedenheit der Reflexbewegungen, welche sich bei gleichörtlicher peripherer Application des Reizes mit der Zunahme der Intensität des letzteren folgen und wobei für schwächere Reize am Hinterbeine des Frosches wieder die

erwähnten Muskeln, für stärkere dagegen die Strecker und die Motoren des Fusses und der Zehen nach hinten und abwärts überwiegen. An das Überwiegen der letztgenannten Muskeln bei den nach der Strychnin-Vergiftung auftretenden Reflexkrämpfen.

An einzelne pathologische Formen von Krampf, wobei ein ähnliches bleibendes oder in bestimmter Weise sich folgendes Vorherrschen bestimmter Muskelfunktionen beobachtet wird.

Sowie für die genannten Erscheinungen käme jene Thatsache auch für den Mechanismus der coordinirten Bewegungen überhaupt mit in Betracht.

Endlich eröffnet sich uns die Aussicht, dass wir durch die Studien über das berührte Verhalten der Muskeln an einem von allen centralen Verbindungen losgelösten Nervmuskel-Apparate Fingerzeige dafür bekommen werden, auf welchen und auf wie vielerlei Wegen wir eine Reihe von Erscheinungen weiter verfolgen können, auf welche wir bei den Untersuchungen über die Functionen einzelner Nerven immer wieder geführt werden. Dass nämlich bei gleichen Reizstärken die funktionell verschiedenen Nerven oder die in einem Nervenstamme enthaltenen, funktionell verschiedenen Fasern ihre Wirkung in ganz verschiedenem Masse entfalten.

I. Geschichtliches.

Ein Theil der Erscheinungen, welche den Gegenstand der später mitzutheilenden Studien bilden, wurde schon vor langer Zeit zugleich mit einer Reihe anderer physiologisch wichtiger Thatsachen beobachtet, aber Speculationen, welche diese und jene in eine sonderbare Verquickung brachten, haben in einer eigenthümlichen, man könnte sagen doppelsinnig hinderlichen Weise der Erkenntniss physiologischer Wahrheiten hier auf kürzere, dort auf längere Zeit sich entgegengestellt.

1. J. W. Ritter.

Es ist eine Arbeit Ritter's [1], welche in solcher Weise unser Interesse in Anspruch nimmt. Ich sollte vielleicht hier auf die

[1] Darstellung des Gegensatzes zwischen Flexoren und Extensoren und ihren Erregbarkeiten, wie ihn galvanische Versuche ergeben und

„geschichtliche Darstellung der Erfahrungen über das Gesetz der Zuckungen", welche du Bois in seinem berühmten Werke[1] gegeben hat, einfach verweisen. Allein die überaus nahen Beziehungen von Ritter's Beobachtungen zu dem Gegenstande, der uns später beschäftigen soll, so wie der Umstand, dass ich eben so sehr das hervorheben muss, was ich den scharfen kritischen Blicken und anregenden Forderungen du Bois verdanke, als ich andererseits seine oft unzulässigen Einwände und Betrachtungen gegen Ritter's Funde nicht unberührt lassen kann, werden es entschuldigen, dass ich hier noch in eine besondere historische Darstellung eingehe.

Ritter suchte die verschiedenen Erfolge der Schliessung und Öffnung des aufsteigenden und des absteigenden Stromes, namentlich aber die von dem gewöhnlichen Erfolge, nämlich dem Überwiegen der Öffnungszuckung für den aufsteigenden Strom und der Schliessungszuckung für den absteigenden Strom zu beobachtenden Ausnahmen[2] aufzuklären.

Er wurde dabei zur Annahme geführt, dass beim Frosche zwei einander entgegengesetzte Zustände *A* und *E* der Erregbarkeit der Nerven existiren, welche jeder als solcher rein und für sich vorhanden sein könne, oder welche sich einander gesellen und durch das Mehr oder Weniger ihres Vorhandenseins eine Reihe gemischter Übergänge *B*, *C* und *D* von dem einen zu dem andern darstellen können[3].

Reduction desselben auf einen anderen neuen, überall verbreiteten Gegensatz. J. W. Ritter, Beiträge zur näheren Kenntniss des Galvanismus etc. 2. Bandes, 3., 4. und letztes Stück. Jena 1805, p. 65.

[1] Untersuchungen über thierische Elektricität. I. Band. Berlin 1848, p. 307.

[2] Ritter, Beweis, dass ein beständiger Galvanismus den Lebensprocess im Thierreiche begleite. Weimar 1798, p. 101 und l. c. p. 70—73.

[3] Durch ein Bild, welches aber, wie ich sogleich bemerke, Ritter selbst nirgends gebraucht, bringt man sich, glaube ich, der Weise wie Ritter, jene Erregbarkeitszustände zwar nicht consequent, aber doch an den meisten Stellen seiner Arbeit auffasst, am nächsten. Es wären darnach jene Erregbarkeitszustände gleichsam Erregbarkeitsfarben. Zwei derselben *A* und *E* sind Grundfarben zu vergleichen, die übrigen *B*, *C* und *D* aber Mischfarben. In §. 13 (l. c. p. 78) heisst es bei Ritter: „Ein bestimmter Grad der Erregbarkeit, geschätzt nach dem Producte der Erre-

Findet sich den übrigen Bedingungen entsprechend der erste Zustand der Erregbarkeit *A* vor, so ist derselbe nur zu Anfang, gleich nach Herstellung des Präparates vorhanden und geht dann durch die Zwischenstufen *B*, *C*, *D* in den anderen *E* über, in welchem die Erregbarkeit immer erlösche.

Ob in einem bestimmten Präparate der eine oder der andere, oder welche Zwischenstufe angetroffen werde, sei abhängig von

---

gung durch die Kette aus Zink — Silber, der Contraction, ihrer Grösse und Energie nach, ist nicht an einen bestimmten, gerade ihm etwa entsprechenden Zustand oder Art der Erregbarkeit gebunden. Genau genommen könnte man sagen, dass bei jedem anderen Frosche u. s. w. einem bestimmten Grade der Erregbarkeit auch ein anderer Zustand eine andere Art derselben entspräche."

In §. 24 spricht Ritter ferner (l. c. p. 92) von den verschiedenen Zuständen der Erregbarkeit und „ihren Mischungen", und ähnlich spricht er sich in §. 37 (l. c. p. 102) aus, in §. 56 (l. c. p. 98) wird ausdrücklich die Bezeichnung „Flexoren-Erregbarkeit der Nerven" und „Extensoren-Erregbarkeit" derselben gewählt. Im Übrigen gebraucht Ritter die Bezeichnungen Flexoren- und Extensoren-Erregbarkeit so, dass man an vielen Stellen nicht darüber ins Klare kommt, ob sich dieselbe auf die Muskeln oder auf die Nerven beziehen.

Sind diese Unklarheiten in seiner Schrift auch keineswegs zu vertheidigen, so muss man, um gerecht zu bleiben, bei deren Beurtheilung doch nie aus dem Auge verlieren, dass sie ein Ausfluss der damaligen sehr ungenügenden anatomischen Kenntnisse vom Baue der Muskeln und Nerven und ihres Zusammenhanges sind. Nur einmal spricht Ritter von den Nerven als Organen, „deren Bau ihre einzelnen Theile auf so mannigfache Weise miteinander verbindet, durcheinander webt u. s. w." Welche Vorstellungen Ritter des Näheren über alle jene Dinge hatte, geht aber aus seiner Abhandlung nicht hervor. Wir können nicht daraus entnehmen, ob ihm Leeuwenhoek's Schriften (1677—1722) oder jene von Muys (1714—1741) über die Muskeln, ob ihm Prohaska's (1778—1779) und Fontana's (1781) Lehren über Muskel und Nerven und des jüngeren Monro (1780—1783), Reil's (1796) und Homes (1799) Arbeiten über die Nerven genauer bekannt waren. Ausser diesen Publicationen fällt aber nichts besonders Bedeutendes in die Zeit vor 1805.

Wie gering und mangelhaft wären also Ritter's Kenntnisse vom Baue der Muskeln und Nerven gewesen, wenn er selbst des Vollbesitzes der anatomischen Wissenschaft seiner Zeit sich hätte rühmen können, geschweige denn wenn das letztere nicht der Fall war, wofür das kaum zu missdeutende u. s. w. in der oben citirten Stelle seiner Abhandlung zu sprechen scheint.

der Zeit nach der Herstellung des Präparates, von dem Alter des Individuums, von der Jahreszeit.

In dem ersten Zustande *A* soll nur Schliessungszuckung des aufsteigenden Stromes erfolgen und sollen nur die Beugemuskeln reagiren, in dem letzten *E* soll nur Schliessungszuckung des absteigenden Stromes erfolgen und sollen nur die Streckmuskeln reagiren.

Während *A* durch *B*, *C* und *D* in *E* übergeht, geben beide Muskelarten Schliessungs- und Öffnungszuckung, für beide Stromrichtungen aber nicht in allen Fällen von der gleichen Intensität.

Das Gesetz dieser Erscheinungen, welches Ritter bildlich[1] dargestellt hat, lautet, wenn wir dasselbe nach dem Vorgange du Bois[2], aber noch strenger an Ritter's Darstellung uns haltend, in Worten ausdrücken:

Erregbarkeitszustand	Strom geschlossen oder geöffnet	Erfolg des absteigenden Stromes	Erfolg des aufsteigenden Stromes
A	Schliessung	Ruhe	Beuger zucken
	Öffnung	Beuger zucken	Ruhe
B	Schliessung	Strecker zucken schw.	Beuger zucken
	Öffnung	Beuger zucken	Strecker zucken schw.
C	Schliessung	Strecker zucken	Beuger zucken
	Öffnung	Beuger zucken	Strecker zucken
D	Schliessung	Strecker zucken	Beuger zucken schw.
	Öffnung	Beuger zucken schw.	Strecker zucken
E	Schliessung	oder: 1. Strecker zucken / 2. Strecker zucken schwach	oder: 1. Ruhe / 2. Ruhe
	Öffnung	Ruhe / Ruhe	Strecker zucken / Ruhe

Die Flexoren, heisst es bei Ritter weiter, sterben früher als die Extensoren.

---

[1] L. c. II. Bd. Tab. III, Fig. 78—82.

[2] Vergl. Untersuchungen über thierische Elektricität. Bd. I, p. 319.

Intensive galvanische Reize haben mehr oder weniger rasch zur Folge, dass der Zustand *A* in den Zustand *E* übergeht, wesshalb nur schwache galvanische Reize für die Untersuchung von *A* angewendet werden dürfen. — Jeder galvanische Reiz wirke zuerst nur auf die Flexoren und deren Nerven, oder wenn es derselbe Nerv ist, der Flexoren und Extensoren versorgt, nur auf die, die ersteren angehenden Theile desselben.

Für jeden Grad der Erregbarkeit der Flexoren gibt es einen Reiz, der gross genug ist, um nach Erschöpfung der Erregbarkeit (Capacität) derselben in die entgegengesetzte der Extensoren übergreifen zu können.

Den ersteren Zustand der Erregbarkeit nennt Ritter die „beschränkte, bedingte, endliche". Den letzteren die „unbeschränkte, unbedingte, unendliche", weil die erstere Erregbarkeit sich rasch erschöpft, während die letztere bei fortgesetzter Steigerung der Reize immer wieder vorhanden ist bis zum völligen Absterben des Organes.

Ritter sucht dann seine Gesetze noch zu bestätigen durch die Modificationen der Erregbarkeit, welche geschlossene Ketten in thierischen Organen bewirken.

Für den absteigenden Strom, der bei der Schliessung nur die Strecker erregt (vergl. Columne 3 der früheren Tabelle), findet er diese deprimirt, dagegen die Beuger exaltirt; für den aufsteigenden Strom, der bei der Schliessung nur die Beuger erregt (vergl. Columne 4 der früheren Tabelle), findet er diese deprimirt, dagegen die Strecker exaltirt.

Ritter geht dann des Näheren ein auf den Umstand, dass nur eine Stromesrichtung die Strecker, die andere nur die Beuger erregt.

Er drückt sich also aus, „weil nur die Schliessungszuckung[1] unmittelbar während der Wirkung der Kette erfolgt, die Öffnungszuckung aber nicht." „Wie soll, was nicht ist, noch wirken?" frägt er in dieser Beziehung. Wir bleiben aber darum nicht im Unklaren über die Vorstellung welche er sich von der Öffnungszuckung macht.

---

[1] Vergleiche die voranstehende Tabelle, in welcher Schliessungszuckung der Strecker nur für den absteigenden-; Schliessungszuckung der Beuger nur für den aufsteigenden Strom verzeichnet ist.

Schliessungszuckung und Depression, Öffnungszuckung und Exaltation, fallen, wie gerade früher angeführt wurde, für Beuger und für Strecker immer für eine bestimmte, aber in beiden Muskelgruppen entgegengesetzte Stromesrichtung zusammen.

Die Zuckung sei nichts als die erste plötzliche Depression, deren weiterem raschen Umsichgreifen später das Organ durch seine Lebenseigenschaften entgegenarbeite, daher es zu keiner dauernden Contraction komme. Allmälig nimmt aber die Depression unter dem Einfluss der Kette zu. Ja der freiwillige Process im Organe selbst sei schon mit einer allmäligen Erschöpfung jener Resourcen verknüpft, welche das Organ der Depression entgegensetzt.

Die exaltirende Stromesrichtung soll aber innere Vorgänge im Organe, welche sonst eine allmälige Depression zur Folge hätten, retardiren, wenn nun die Kette geöffnet wird, so falle, was retardirte, mit einemmale weg und das Organ befinde sich plötzlich in dem nämlichen Zustande, in welchen das andere ebenso plötzlich bei der Schliessung gesetzt wurde. Daher die Öffnungszuckung.

So lange die Richtung des Stromes im Nerven genau die vom Hirn- zum Muskelende oder die umgekehrte ist, können unmöglich Fälle vorkommen, wo zweierlei Muskel (Beuger und Strecker) in einem Organe zu gleicher Zeit sich contrahiren.

Doch sei das letztere zu beobachten, und das erkläre sich daraus, dass der Experimentator sowohl von Seite des Stromes, der sich den Weg des geringsten Widerstandes selbst aufsucht, als auch von Seite des Nervenbaues, „der die Theile des Nerven in so mannigfacher Weise miteinander verbindet, durcheinanderwebt u. s. w.“, die Richtung des Stromes nicht in jedem Falle genau beherrschen kann. Es sei zu wundern, dass darauf zurückzuführende Anomalien nur zuweilen vorkämen, und dass die Phänomene, um welche es sich handelt, in ihrer äussersten, bis ans Ideal grenzenden Reinheit und Sauberkeit überhaupt und so häufig ausserdem zu beobachten seien.

So suchte Ritter seine Lehre vom Gegensatz zwischen Beugern und Streckern möglichst consequent durchzuführen. Aber seine Lehre fand bald ihren Gegner.

2. C. H. Pfaff.

Dieser Gelehrte, welcher viel gründlichere anatomische Kenntnisse besass [1], als das bei Ritter der Fall gewesen zu sein scheint, konnte die Angaben Ritter's in Bezug auf die Abhängigkeit der Flexion und der Extension von der Schliessung oder Öffnung des auf- und abwärts gehenden Stromes nicht bestätigen [2].

Er gibt Ritter in Bezug auf die bei galvanischen Reizversuchen zu beobachtende Form der Bewegungen des Froschschenkels nur zu, was in den folgenden Worten enthalten ist, die ich der letzteren Schrift Pfaff's (p. 722) entnehme: „darin stimmen meine Erfahrungen mit denen jenes Gelehrten überein, dass die Einwirkung des galvanischen Reizes auf die Flexoren nur auf der ersten, höchsten Stufe der Reizbarkeit stattfindet, dass diese gewöhnlich schnell verschwindet und die Reizbarkeit der Extensoren nach sehr kurzer Zeit das Übergewicht erhält, wesswegen es dann auch nur selten gelingt, in den Froschpräparaten Phänomene der Flexion wahrzunehmen, sondern beinahe in allen Fällen die Zuckungen auf gewaltsame Streckung und Verlängerung der absichtlich gebogenen Gliedmassen zur geraden Linie durch die Thätigkeit der Extension hinwirken."

Es kann nach diesen Worten kein Zweifel darüber bestehen, dass auch Pfaff das von Ritter beobachtete Phänomen, dass unter Umständen die Beuger das Übergewicht über die Strecker haben können, beobachtet hat.

Das an die von Ritter aufgestellten Regeln gebundene constante Vorkommen einer solchen Erscheinung erschien aber durch Pfaff's Bemühungen völlig widerlegt, und damit auch das Interesse für die Erscheinung verloren.

---

[1] Vergleiche: Über thierische Elektricität und Reizbarkeit. Leipzig 1795; besonders p. 176 u. d. f.

[2] Nordisches Archiv für Naturkunde etc., von Pfaff, Scheel und Rudolphi 1805. Bd. IV. Stück 3, Nr. XII, p. 3 und später in Gehler's physikalischem Wörterbuch Bd. IV. 2. Abtheil. Leipzig, 1828. (Artikel Galvanismus) p. 717—727.

So weist Joh. Müller in seiner Physiologie[1] kurz darauf hin, indem er anführt, dass der von Ritter angenommene Gegensatz der Flexoren und Extensoren für den galvanischen Reiz sich nicht bestätigt hat.

3. E. du Bois.

Ausführlicher hat sich, wie schon angeführt, erst du Bois wieder auf eine Untersuchung der Arbeiten Ritter's und Pfaff's eingelassen.

Er theilt vorerst die bereits oben von uns angeführten Lehren Ritter's mit und stellt dann das von Ritter daraus abgeleitete Gesetz der Zuckungen in einer Tabelle für die den Gang der Erscheinungen bestimmenden, von Ritter unterschiedenen fünf oder besser sechs Stufen der Erregbarkeit zusammen[2].

In dem folgenden Abschnitte geht aber du Bois, und das ist für uns sehr wichtig, in eine Beurtheilung von Ritter's Gesetz der Zuckungen ein.

Zunächst müssten daran „zweierlei Punkte auseinandergehalten werden", die Aussagen Ritter's über den Gegensatz zwischen Streckern und Beugern, dann aber die anlangend, die Umkehr des Gesetzes der Zuckungen und die Stellung der Fälle, welche das umgekehrte Gesetz zeigen, auf der höchsten Stufe der Erregbarkeiten. Die eine dieser Lehren könnte richtig sein, ohne dass es die andere zu sein brauchte.

Dank dieser kritischen Sichtung du Bois, ist es uns leicht, nur das unseren Gegenstand berührende Urtheil du Bois, über den ersteren Punkt, den Gegensatz zwischen den Erregbarkeiten beider Muskelgruppen hier zu überschauen.

du Bois lässt vor allem dem Verdienste Pfaff's um die Widerlegung des von Ritter angenommenen Gegensatzes eine übergrosse Gerechtigkeit widerfahren, wenn er anführt, dass er die Betrachtungen Pfaff's nur in einigen Punkten, gemäss der seitdem vorgeschrittenen physiologischen Kenntniss ergänzt wiedergebe.

---

[1] I. Band, Coblenz 1835, p. 602 und II. Band, Coblenz 1837, p. 81.

[2] Vergleiche p. 12 oben.

Ich muss mir hier erlauben, auf die Darlegungen du Bois etwas näher einzugehen, aber zugleich auch immer die Einwürfe anführen, welche man denselben nach meiner Meinung heute, also 24 Jahre nach dem Erscheinen von du Bois Werke zu Gunsten Ritter's machen kann.

Beuger und Strecker, sagt du Bois, unterscheiden sich in nichts anderm als in der Art ihrer Befestigung am Knochengerüste.

Gleich dagegen ist zu bemerken, dass man diese Behauptung in ihrer Allgemeinheit heute a priori kaum wird aufrecht erhalten können, möglich und denkbar wäre es doch, dass beide Arten von Muskeln durch ihre eigene Erregbarkeit oder durch die Erregbarkeit ihrer Nerven oder durch die verschiedene Zahl der Verknüpfungen von Muskel- und Nervenfasern sich von einander wesentlich unterschieden.

Ich erinnere an die Beobachtungen, welche Ranvier[1] jüngst an verschiedenen Muskeln gemacht hat.

Eine grosse Anzahl von Muskeln, fährt du Bois fort, seien Beuger und Strecker zugleich, daran lasse sich allerdings nicht die Frage knüpfen, welche Ritter'sche Art der Erregbarkeit nun wohl dergleichen Muskeln besitzen würden, da vielmehr diese dann den Eintheilungsgrund für dieselben abgeben könnte, sondern es trete durch jene Überlegung nur die Willkürlichkeit und die schlechte physiologische Grundlage jener Ansicht in ein helleres Licht.

Wie richtig diese Bemerkungen du Bois auch sind mit Bezug auf das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Ritter's Phänomen, muss man daran festhalten, dass der Schwerpunkt der Frage nur darin liegen kann, welche ganz bestimmt benannte Muskeln eben Ritter zu den Beugern und welche er zu den Streckern rechnete. Denn das scheint mir ausser allem Zweifel, dass er den von ihm entgegengesetzten Muskeln auch ganz bestimmt die Eigenschaft zugeschrieben hat, bei der Bewegung gewisser Glieder in bestimmten Gelenken eine antagonistische Wirkung auszuüben.

---

[1] Propriétés, et structures differentes des muscles rouges et des muscles blancs chez les lapins et les raies. Comptes rendus 1873. Novembre, Tom. LXXVII, p. 1030.

Der einzige Unterschied zwischen Beugern und Streckern sagt du Bois weiter, sei, dass die ersteren früher zu antworten aufhören und durch die Todtenstarre zuerst der Fäulniss überliefert werden, das sei aber kein Grund zu einer innerlichen Entgegensetzung, da, nach dem Nysten'schen Gesetze, nach welchem die Todtenstarre von den dem Gehirn näher gelegenen Theilen nach den entfernteren fortschreitet, auch zwischen den Streckern ähnliche Unterschiede stattfänden. Dagegen möchte ich aber hervorheben, dass, wenn Ritter nur die auch ihm wohlbekannte, von du Bois angeführte Thatsache und nichts weiter constatirt hätte, auch für ihn vielleicht kein Grund zu einer innerlichen Entgegensetzung von Beugern und Streckern vorhanden gewesen wäre. Sein Gegensatz war eben auf noch ganz andere Wahrnehmungen basirt. Nebenbei hätte aber, und zwar nicht nur für die Strecker, sondern auch für die Beuger das Nysten'sche Gesetz Geltung haben können.

Einen Wink für die Erklärung der Thatsache, dass die Beuger überhaupt früher absterben als die Strecker, sieht du Bois in den Erfahrungen Engelhardt's, denen zufolge die Beuger mit höheren Punkten des Rückenmarks in Verkehr zu stehen scheinen als die Strecker.

Richtig, so schliesst du Bois diesen Abschnitt, sei bei Ritter unstreitig, dass bei entschwindender Erregbarkeit es nur noch Strecker sind, welche zucken, im höchsten Grade zweifelhaft aber sei es, dass zu Anfang das umgekehrte Verhältniss stattfinde. Du Bois verweist nun darauf, dass Pfaff's Versuche so wenig mit den von Ritter angegebenen Resultaten übereinstimmen; dass Ritter nirgends in die Einzelheiten seiner Beobachtungen einführt; und dass unter den Nachfolgern Ritter's auf dem Gebiete der Reizversuche keiner auf seine Gedanken eingegangen oder selbstständig auf sie geführt worden wäre.

Endlich macht du Bois eine Reihe von Bemerkungen, um Anhaltspunkte für die Entscheidung der Frage zu gewinnen, was den Ritter selbst auf jene Gedanken gebracht habe.

Beide Muskelgruppen zuckten gemeinsam, die Strecker überwögen, aber doch sei ein gewisser Grad von Beugung das Endergebnis der Zuckung. In eine Lage, in der Femur und Tibia einen Winkel von ungefähr 120—130° mit einander

machen, scheint jede Zuckung den Froschschenkel zu versetzen. Befindet er sich darin, dann bewirke die Zuckung weiter keine Ortsveränderung, er geht dagegen in jene Lage über, wenn er vorher N-förmig zusammengeknickt oder aber gerade ausgestreckt war. Die Zuckung bewirke jene halbgebogene Lage, durch das in Folge der Querschnittszunahme der Muskeln auftretende Emporschnellen, wodurch die Adhäsion an die Unterlage aufgehoben würde, welche die Glieder früher hinderte, jene dem Gleichgewichte der antagonistischen Muskelgruppen im Zustande der Ruhe entsprechende Lage anzunehmen.

Würde man die angeführte Ursache nicht zureichend finden, so sei noch eine andere Deutung möglich. Man müsse sich die Muskelzusammenziehung vorstellen als Summation von Geschwindigkeiten, welche in jedem Zeittheilchen den Massetheilchen des Muskels ertheilt werden.

Geringere Zusammenziehung bedeute Abnahme der der constanten Masse des Muskels ertheilten Geschwindigkeit. Die Kraft der Beuger nehme rascher ab als jene der Strecker, die Zusammenziehungen der ersteren werden also zur selben Zeit langsamer erfolgen als die der letzteren, so kann es kommen, dass die Beuger das Glied in ihrem Sinne bewegt hinterlassen. Dagegen ist aber anzuführen, dass aus keiner Stelle bei Ritter zu entnehmen ist, dass es sich für ihn nur um ein solches Endergebniss einer stattgehabten Zuckung gehandelt hätte. So dass man eben nur, wenn es nie und nimmer gelingen würde, eine andere als die letztgenannte Erscheinung aufzufinden, mit welcher Ritter's Darlegung in Beziehung zu setzen wäre, an jenes Endergebniss der Zuckung denken müsste.

Es sind aber sehr wohl solche Erscheinungen bei der freien Gegenwirkung antagonistischer Muskelgruppen während der Thätigkeit der letzteren selbst zu beobachten, das gibt schon Pfaff wie angeführt wurde, zu. Und bei diesem Verhalten der Dinge ist es nicht anzunehmen, dass Ritter jemals etwas anderes bei seiner Darstellung im Auge hatte als besondere Formen solcher freier Gegenwirkung antagonistischer Muskelgruppen, die gerade ihm durch eine besondere Gunst der Verhältnisse öfter zur Beobachtung gekommen sein müssen.

Sein ganzer Ideengang, namentlich aber die Folgerungen, welche er im VII. Abschnitte seiner Abhandlung mittheilt, sprechen nur dafür.

Du Bois fasst endlich selbst seine gegen Ritter gerichteten Betrachtungen dahin zusammen, dass er die in ein verwickeltes Gebiet von Erscheinungen führende Lehre Ritter's auf so lange für beseitigt erklärt, bis sie aufs Neue durch unzweideutige und im Einzelnen mitgetheilte Erfahrungen sich das Recht der Berücksichtigung erkämpft haben wird. Es ist das eine bedeutsame Reserve am Schlusse von du Bois Polemik.

Aus den in dieser Abhandlung mitzutheilenden Versuchen wird sich, wie schon in der Einleitung bemerkt wurde, ergeben, dass am Froschschenkel in der That bei schwachen Reizen, welche den gemeinsamen Nervenstamm treffen, eine Bewegung im Sinne einer funktionell bestimmten Gruppe von Muskeln, die also die mehr erregbaren sind, auftritt; während bei stärkeren Reizen eine Bewegung im Sinne einer anderen funktionell bestimmten Gruppe von Muskeln, die also die weniger erregbaren sind, erfolgt.

Die erstere Gruppe von Muskeln gehört augenscheinlich der Reihe jener an, welche Ritter bei seinen Versuchen als Beuger, die letztere der Reihe jener, welche er als Strecker bezeichnete.

Ein ähnlich differentes Verhalten funktionell verschiedener Muskeln kommt aber auch an anderen Orten des Körpers vor.

Darum muss Ritter trotz der vielen Irrthümer, in welchen er bei der Darstellung dieser Thatsache befangen war und welche die Aufnahme und Schätzung des Richtigen in seinen Beobachtungen hemmten und beeinträchtigten, doch als derjenige genannt werden, welcher mit Hilfe elektrischer Reizung des Nerven jene Thatsache zuerst wahrnahm, und wenn auch nicht oder falsch erklärte, doch in ihrer Bedeutung würdigte und zur Anerkennung zu bringen suchte.

II. Plan der Untersuchung und Befestigung des Froschpräparates.

Als es mir wünschenswerth erschien, dem angedeuteten Gegenstande meine Aufmerksamkeit zuzuwenden, entschied ich mich nach einigen Vorversuchen dafür, dass vorerst unter Anwendung von inducirten Wechselströmen, ganz nach Art der zahlreichen Reizversuche, bei welchen man gewöhnlich den Abstand der Spiralen des Schlitteninductoriums als Mass der Erregbarkeit benützte, die oben angeführte Frage gelöst werden solle.

Die nicht so eindeutigen Versuche mittelst des constanten Stromes oder anderer Reize aber sollten eventuellen späteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Ferner wollte ich als Object für die Untersuchung vorerst einzig und allein den an den flachen Seitentheilen des vorderen Gelenkendes des os cruris[1] fixirten Unterschenkel und Fuss des Frosches mit dem daran befindlichen Hüftnerven verwenden.

Die an diesem Präparate vorhandenen Muskeln können vorzugsweise in zwei Gruppen, in die Motoren des Fusses und der Zehen nach vor- und aufwärts mit den Abductoren der Zehen und in die Motoren des Fusses und der Zehen nach rück- und abwärts mit den Adductoren der Zehen zerlegt werden.[2]

---

[1] Siehe Ecker, die Anatomie des Frosches, Braunschweig 1864, p. 59. Fig. 46.

[2] Der Gruppe I gehören an: Der *M. tibialis anticus*, der *M. peroneus*, der *M. flexor tarsi anterior* und *posterior*, die *M. extensores* und *abductores digitorum* und die *M. interossei dorsales*.

Der Gruppe II gehören an: der *M. gastrocnemius*, der *M. tibialis posticus*, der *M. extensor tarsi*, der *M. plantaris*, die *M. transversi plantae*, die *M. flexores digitorum*, die *M. lumbricales*, die *M. adductores digitorum* und die *M. interossei plantares*. Bei dieser Bezeichnung der Muskeln sind wir zunächst Ecker (l. c. p. 119—137) gefolgt.

In die zwei oben getrennten, funktionell verschiedenen Gruppen wurden sie eingereiht nach Ecker's für einzelne derselben gemachten Angaben über ihre Funktion, ferner nach den im Wesentlichen mit Ecker's Angaben übereinstimmenden, aber in vieler Beziehung noch genaueren Angaben, welche C. Eckhard in einer schönen Arbeit (Über Reflexbewegungen der vier letzten Nervenpaare des Frosches. (Zeitschrift für rationelle Medicin. Bd. 7. Heidelberg 1849, p. 288 u. d. f.) macht.

Von den zwei Ästen des *N. ischiadicus* versorgt der *N. peroneus* wenn nicht ausschliesslich, so doch vorzugsweise die Motoren des Fusses und der Zehen nach vor- und aufwärts und die Abductoren der Zehen, wogegen der *N. tibialis*, wenn nicht ausschliesslich so doch vorzugsweise die Motoren des Fusses und der Zehen nach rück- und abwärts und die Adductoren der Zehen versorgt[1].

Es liegt also an dem gewählten Präparate der für unsere Versuche günstige Fall der Vereinigung aller oder der meisten für antagonistische Muskelgruppen bestimmten Fasern eines Nervenstammes in zwei besonderen Ästen der nächsten Ordnung vor.

Das vorerwähnte Präparat wurde für die später mitzutheilenden Versuche in der folgenden Weise hergestellt. Nachdem die Durchtrennung der Wirbelsäule dicht am Ende des Rückenmarkes mittelst eines einzigen Scheerenschnittes vorgenommen war, wurde zuerst am Oberschenkel der *Nervus ischiadicus* vom Becken bis zur Kniekehle blossgelegt und ohne Zerrung völlig isolirt, dann mittelst einer unter dem Nerven hingeschobenen Scheere der Schenkel nahe dem Hüftgelenke amputirt, darauf der Nerv bis über den Plexus verfolgt und dicht am oberen Ende des Plexus durchschnitten. Darauf wurde die Muskulatur des Oberschenkels vom Oberschenkelknochen mit der Scheere entfernt und zugleich das Kniegelenk zum Behufe der Fixirung etwas von der Haut entblösst.

Der Oberschenkelknochen wurde nun um denselben zu fixiren, von unten her vertical in einen Kork, Fig. I, II, III — *a* eingeschoben, welcher auf einem Ständer verschiebbar angebracht war, dann an die flachen Seitentheile des vorderen Gelenkendes des Os cruris die Branchen einer Pinzette *b* in Fig. I, II und III, angelegt, die mittelst einer an einem Ständer befindlichen Klemme *c* in Fig. I, II, III geschlossen wurde. Der so fixirte Unterschenkel und Fuss, deren Muskulatur mit Haut bedeckt blieb, befand sich dann in hängender Lage zu den Versuchen bereit, wenn während aller vorhergegangenen Operationen der Nerv und die Muskulatur des Unterschenkels sorgfältig vor jeder Zerrung oder Quetschung bewahrt blieben.

[1] Vergl. Joh. Müller, Handbuch der Physiologie. Bd. 2. Coblenz 1837, p. 81.

Auf welche Elektroden *d* (Fig. 1, 2, 3) und in welcher Weise der Nerv unseres Präparates auf dieselben gelegt wurde, soll später angegeben werden.

Um alle Missdeutungen unserer späteren Angaben völlig auszuschliessen, wollen wir uns aber hier noch darüber verständigen, welche verschiedene Lage ein in der besprochenen Weise präparirtes und fixirtes Bein (Fig. I) annimmt, wenn der *Nervus ischiadicus* einmal nach Durchschneidung des *Nervus tibialis*, das anderemal nach Durchschneidung des *Nervus peroneus* gereizt wird.

Ich habe beide Lagen dargestellt nach Photographien, welche während tetanischer Erregung des *Tibialis* oder *Peroneus* erhalten wurden.

Wir sehen im ersteren Falle (Fig. II) die Theile des Fusses im Fusswurzelgelenke[1] (Fig. I, II — *e*), ferner in dem Gelenke zwischen den grossen beiden Fusswurzelknochen und den kleinen[2] (Fig. II *f*) und ebenso alle Zehen gehoben und zwischen den auseinander gespreizten Zehen die Schwimmhaut entfaltet.

Im zweiten Falle (Fig. III) sehen wir den Fuss gestreckt, die Zehen nach hinten gebogen und aneinander geschlossen.

Wir wollen der Kürze halber, wie das auch in der That gebräuchlich geworden ist, die erste Lage die Beugelage und den Übergang in dieselbe — die Motion des Fusses nach vor- und aufwärts — als Beugung; die zweite die Strecklage und den Übergang in dieselbe — die Motion des Fusses nach rück- und abwärts — als Streckung bezeichnen. Ferner dem entsprechend den *N. peroneus* kurzweg als Beugenerven, den *N. tibialis* als Strecknerven bezeichnen.

Ausser dem oben beschriebenen Präparate, welches zu ausführlichen Versuchsreihen diente, wurde aber auch noch der *Plexus ischiadicus* mit der ganzen frei herabhängenden Extremität und der *Plexus brachialis* mit der vorderen Extremität zu Versuchen verwendet. Da diese Präparate nur in einzelnen Versuchsreihen zur Anwendung kamen, so soll ihre Herstellung erst am betreffenden Orte näher beschrieben werden.

---

[1] Eckhart l. c. p. 286.

[2] Eckhart l. c. p. 287 u. 288.

In Bezug auf den Zustand der Frösche habe ich zu bemerken, dass meine Versuche sich über mehr als ein volles Jahr ausdehnten, dass ich dabei aber zu keiner Jahreszeit auf Schwierigkeiten in der Darstellung der Phänomene stiess, wenn ich nur vermied, durch allzulange Gefangenschaft abgemagerte und herabgekommene Frösche zu gebrauchen. Die Thiere waren zum Theile frisch eingefangen, zum Theile solche, welche in dem Froschbassin des hiesigen Institutes gehegt wurden.

Wichtig ist, dass man bei der Herstellung des Präparates, wie schon erwähnt, damit anfängt, das Hirn und Rückenmark auszuschliessen. Zu dem Ende trenne ich durch einen einzigen Scheerenschnitt den Rücken des Thieres an der unteren Grenze des Rückenmarks quer durch, dabei können die unteren Extremitäten wohl einmal zucken, sie dürfen aber nicht in tetanische Contractionen verfallen.

Ereignet sich das Letztere, dann verzichte man auf die Verwendung solcher Präparate. Ich muss bei dieser Gelegenheit auf eine Erscheinung aufmerksam machen, welche ich zwar nicht weiter verfolgt habe, aber anführen will, weil sie, unberücksichtigt gelassen, die Unbrauchbarkeit vieler Präparate bedingen könnte. Wenn ich in der oben angegebenen Weise, die unteren Extremitäten sofort abtrennte, so erfolgten nur dann tetanische Contactionen in denselben, wenn der Schnitt zu hoch hinauf reichte und so das Rückenmark mit getroffen wurde. Wenn man aber sehr stark abgekühlte, in dem eigenthümlichen Zustande winterlicher Trägheit befindliche Frösche zu den Versuchen benützen will, dann bemerkt man, dass, wenn auch der Schnitt das Rückenmark nicht getroffen hat, doch längere Zeit nach erfolgtem Schnitte im Präparate die gesammte Muskulatur in einem tetanischen Zittern begriffen ist, welches auch, wenn der Nerv jetzt frei präparirt und das Bein völlig isolirt wird, noch andauert und alle weiteren Versuche unmöglich macht.

Diese Krämpfe sind den Trocknungskrämpfen sehr ähnlich. Ich überzeugte mich aber, dass sie nicht durch Trocknung bedingt sind.

Sie bleiben vollständig aus, wenn man die Frösche erst einige Zeit im Versuchszimmer hält und sie erst benützt, wenn ihre Temperatur mit der des letzteren sich abgeglichen hat. Ich muss

also in solchen Fällen zum Zwecke der später anzuführenden Versuche empfehlen, das Letztere immer zu thun. Was die angeführte Erscheinung an den stark erkälteten Fröschen anbelangt, so muss diese besonders weiter verfolgt werden.

Ich habe nur noch zu bemerken, dass eine getreue und genaue Einhaltung der angegebenen und noch weiter vorzuschreibenden Verfahrungsweisen bei den nachfolgenden Versuchen mehr als irgendwo nothwendig ist, um zu sicheren Resultaten zu gelangen.

III. Der Reizapparat.

Bevor ich an die Mittheilung meiner Versuche gehe, muss ich noch den Reizapparat besprechen, dessen ich mich bediente.

Ich benützte nicht das Schlitteninductorium von du Bois, wie das bei Versuchen mit abgestuften Inductionsströmen am häufigsten geschieht, da ich durch Verschiebung der Inductionsspirale nicht die vielen und bequemen Abstufungen des Inductionsstromes, welche sich für meine Zwecke als dienlich erwiesen, erhalten konnte. Es wird sich das ohne weitere Begründung aus der Beschreibung meiner Versuche ergeben.

Ich stufte dabei vielmehr bei immer ganz aufgeschobener Nebenrolle den Strom der Hauptrolle, die keinen Eisenkern enthielt, mittelst eines als Nebenschliessung zur Hauptrolle angelegten Rheochordes von du Bois ab.

Pflüger[1] gedenkt schon der Feinheit dieser Methode, hat sie aber nicht in Anwendung gebracht. Neuestens wendete Preyer[2] dieselbe zu ganz bestimmten Zwecken an. Als Übelstand des Verfahrens rügt Preyer mit Recht, dass die Änderung der Stärke des inducirenden Stromes zugleich die Schwingungsfrequenz des Unterbrechungshammers mit verändert.

Das muss immer der Fall sein, wenn der inducirende Strom gleichzeitig den Hammer treibt.

---

[1] Untersuchungen über die Physiologie des Elektrotonus. Berlin, 1859, p 126.

[2] Das myophysische Gesetz. Jena 1874, p. 69 u. d. f. und über electrische Muskelreizung. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften 1874.

Preyer bemühte sich aber nicht, diesen Übelstand wegzuschaffen, er sagt vielmehr, dass bei hoher Frequenz des Hammers die Änderung der letzteren auf die Grösse der Verkürzung des Muskels keinen merklichen Einfluss zu haben scheine und dass er zu seiner Verwunderung bemerkt habe, dass die Schwingungszahl des Hammers eines Schlitteninductoriums mit Helmholz'scher Vorrichtung sehr wenig bei Anwendung des Rheochordes geändert wird, während die Inductionswirkung bei Prüfung mittelst des Muskels und des Geschmackes die grössten Schwankungen zeigt.

Nach meinen Erfahrungen kann ich aber diese Angaben Preyer's über so schwer erklärliche Wirkungen jener Stromabstufung nicht gelten lassen.

Ich konnte das Verfahren erst brauchbar finden, wenn der Einfluss der Änderung des inducirenden Stromes auf die Hammerfrequenz eliminirt wurde.

Luchsinger[1] erreichte diesen Zweck schon dadurch, dass er nicht wie Preyer mit tetanisirenden Strömen reizte, sondern mit einzelnen Inductionschlägen.

Die Art und Weise aber, wie Luchsinger[2] das Problem mathematisch behandelt hat, könnte leicht die Meinung erwecken, als ob das Verfahren überhaupt nicht brauchbar wäre, da schon von einem gewissen niedrigen Werthe des Rheochordwiderstandes ab sich die Intensität in der Hauptrolle bei weiterer Vergrösserung der Rheochordwiderstände nur wenig ändert, sondern vielmehr sich rasch einem von den Rheochordlängen völlig unabhängigen Grenzwerthe nähert.

Es nimmt mich Wunder, dass Luchsinger sich nicht darüber ausgesprochen hat, dass seine Einwürfe das Rheochord als Nebenschliessung ganz im Allgemeinen treffen müssen. Er wäre dann offenbar über die Grenzen der Brauchbarkeit dieses Instrumentes besser ins Klare gekommen, als das, wie wir später sehen werden, bei ihm der Fall ist. Zum Theile hat schon Preyer selbst sein Verfahren gerechtfertigt. (Jenaische Zeitschrift 1874.)

---

[1] Pflüger's Archiv, Bd. 8. Bonn 1874, p. 544. — [2] L. c. p. 545 u. 546.

Ich habe mich lange, ehe ich von den Versuchen Preyer's und Luchsinger's Kunde erhielt, des gedachten Verfahrens mit grossem Vortheile bedient, und zwar unter Anwendung tetanisirender Ströme und werde nun hier seine hohe Brauchbarkeit und vorzügliche Leistungsfähigkeit zeigen.

Wie gesagt muss vor allem dafür gesorgt werden, dass, während man den inducirenden Strom durch Änderung der Drahtlängen in der Nebenschliessung ganz allmälig ansteigen oder abfallen lässt, dieser Strom immer dieselbe Anzahl von Öffnungen und Schliessungen erfährt.

Mit dem so überaus bequemen Hammerwerke liesse sich das erreichen, wenn man dasselbe nicht, wie gewöhnlich, mit demselben, sondern durch einen von dem inducirenden Strome ganz unabhängigen zweiten Strom in Bewegung setzen und als Unterbrecher für den ersten Strom benützen würde; wie ja auch bei grossen Inductionsapparaten mit Foucault'schem Interruptor der letztere seinen eigenen Strom bekommt.

Für unsere Hammerwerke könnte das geschehen, ohne dass es auch nothwendig wäre, zwei besondere Ketten für jene Ströme anzuwenden. Sowohl der einfache Wagner'sche Hammer, als auch der Fromment'sche Stromunterbrecher könnten so gebraucht werden. Ich bediente mich aber weder des einen noch des anderen, sondern vielmehr eines für meine Zwecke modificirten Halske'schen Stromunterbrechers.

Ein solcher Stromunterbrecher erhält zu dem Zwecke folgende Zugabe:

Zwei durch Schrauben aneinander gehaltene Messingbügel (Fig. IV *a* und *b*) werden an der Säule *c* des Stromunterbrechers von dieser durch Zwischenlage von Kammmasse isolirt angebracht.

Die Messingbügel sind bestimmt, zu Trägern von zwei Klemmen *kk'* und einer Platinspitze *s*, welche einer an der unteren Seite des Hammers befindlichen Halske'schen Feder an derselben Stelle entgegensieht, wo von oben her die Spitze *s'* auf die an der oberen Seite befindliche Halske'sche Feder *h'* hintrifft.

Der Platincontact *sh* dient, um beim Niedergang des Hammers den Strom der Hauptrolle zu schliessen, der Strom für das

Hammerwerk dagegen ist geschlossen, wenn der Contact $s'h'$ vorhanden ist.

Unsere untere Spitze hat also andere Zwecke zu erfüllen, als die an derselben Stelle befindliche Spitze bei dem von Riess [1] benützten modificirten Stromunterbrecher.

Wir wollen nun in der schematischen Fig. V, absehend von den nur durch Striche oder Punkte angedeuteten Verbindungen, welche später besprochen werden sollen, zuerst den Strom für das Hammerwerk verfolgen. Wir gelangen von der Kette 1 zum Hammer, zur Platinspitze s', durch die Säule c zum Elektromagneten, zur Klemme g und zurück zur Kette 1.

Wird dieser Strom beim Niedergang des Hammers geöffnet, so schliesst sich durch den Contact mit s der Strom der Hauptrolle, wenn diese zwischen l und l' eingeschaltet wurde.

Wir gelangen, wie es die gestrichelten Pfeile anzeigen, von der Kette 1 zum Hammer, zur Spitze s, zur Hauptrolle, von dieser durch den in der Figur noch enthaltenen Stöpselrheostaten R zur Klemme g und zurück zur Kette. Die Enden rr' in Fig. V sind zur Verbindung mit dem Rheochord bestimmt.

Es ist nun auch leicht ersichtlich, dass man wie mit einer Kette auch mit zwei gesonderten Ketten arbeiten kann. Schaltet man die zweite Kette (Fig. V, 2) zwischen d und R ein, während man die Verbindung zwischen g und R entfernt, so dient der Strom der Kette 1 allein für das Hammerwerk, dagegen der Strom der Kette 2 für die Hauptrolle allein, wie das abermals die gestrichelten Pfeile anzeigen.

Ich habe in der That unter Anwendung eines in der erwähnten Weise umgestalteten Halske'schen Stromunterbrechers, sowohl mit einer, als mit zwei Ketten völlig entsprechende Resultate erzielt.

Allein man muss dabei die obere und untere Platinspitze sehr genau einstellen, so dass jedes, wenn auch ein noch so kleines Zeittheilchen andauernde, gleichzeitige Vorhandensein beider Contacte vollkommen vermieden ist, da sonst eine Ver-

---

[1] Poggendorff's Annalen. Bd. XCI, p. 290. Vergl. auch Wiedemann, die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus. II. Band. Braunschweig 1861, p. 626.

zweigung der beiden Ströme in dem Momente des gleichzeitigen Schlusses und damit eine Störung im Gang des Hammers und eine unbeabsichtigte Schwankung des inducirenden Stromes eintritt.

Um sicher und mit weniger Aufmerksamkeit diese Übelstände zu vermeiden, stand noch das Mittel zu Gebote, die oben und unten am Hammer befindlichen und zur Berührung mit den Spitzen bestimmten Contactstellen von einander zu isoliren.

Das wurde bei dem nun zu beschreibenden Stromunterbrecher in der Weise realisirt, dass ich die Säule, welche den Drehpunkt des Hammers enthält, halbiren liess. Fig. VI stellt dieselbe vergrössert dar.

Durch eine zwischen den Hälften *hh'* angebrachte Lage von Hartkautschuk *gg* sind die beiden Hälften von einander isolirt. Der Stiel des Hammers ist ebenfalls aus Hartkautschuk gebildet und trägt vorne den Anker. Oben und unten ist er mit Messingstreifen *mm'* (Fig. VI) belegt, auf welche die obere und untere Halske'sche Feder aufgeschraubt werden, mit dem oberen Messingstreifen aber wird die eine Hälfte *a* der am Hammerstiel festen Drehungsaxe verbunden, mit dem unteren Messingstreifen die von der ersten isolirte zweite Hälfte *a'* der Drehungsaxe. Der ganze Apparat ist in Fig. VII abgebildet[1]. Aus dieser Zeichnung, aus Fig. V u. VI, so wie aus den schematischen Figuren V und VIII, auf welche wir sogleich verweisen werden, ist die Einrichtung des Hammerwerkes vollständig zu entnehmen. Die zwei Klemmen *a* u. *b* (Fig. VII), welche für gewöhnlich durch ein Drahtstück verbunden sind, dienen dazu, eventuell auch die Enden der Hauptrolle aufzunehmen, so dass das Hammerwerk auch in gewöhnlicher Weise für ein Schlitteninductorium verwendet werden könnte.

Es ist leicht ersichtlich, dass die Verbindungen wie in Fig. V getroffen werden müssen, wenn man in der gewöhnlichen Weise mit Öffnungs- und Schliessungsschlägen arbeiten will.

Wir finden in dieser Figur, wovon wir früher noch abgesehen haben, auch schon die gehälftete Säule *hh'* eingezeichnet, und

---

[1] Einen solchen Stromunterbrecher haben Meyer u. Wolff in Wien nach meinen Angaben völlig entsprechend und elegant ausgeführt.

zwar ist der eine Pol der für das Hammerwerk bestimmten Kette 1 mit dem oberen Contact s' also mit h zu verbinden, während mit dem unteren Contacte s der eine Pol der für die Hauptrolle bestimmten Kette 2 verbunden werden muss. Alles Übrige verhält sich bei zwei Ketten und isolirten Contacten so wie früher bei zwei Ketten und nicht isolirten Contacten.

Viel werthvoller wurde mir aber der modificirte Stromunterbrecher in der in Fig. IX gezeichneten Verbindungsweise. Es schliesst dabei der von dem Strom der Kette 1 immer gleichmässig bewegte Hammer bei Herstellung des unteren Contactes s in ganz ähnlicher Weise, wie bei den nach Helmholtz zur Hervorbringung zeitlich gleichverlaufender Öffnungs- und Schliessungsströme eingerichteten Hammerwerken eine Nebenschliessung zum Strom der Hauptrolle, welcher von Kette 2 geliefert wird, das wird nach dem früher an der Fig. V Erläuterten auch in Fig. VIII sofort gut zu verfolgen sein. Gerade die letztere Verbindungsweise bedingt aber die vorzügliche Brauchbarkeit des modificirten Stromunterbrechers zu den später zu beschreibenden Versuchen und sind dieselben, wo nichts Anderes besonders bemerkt wird, auch alle nur mit einem also verbundenen Stromunterbrecher angestellt worden.

Der Gang des Hammers mit seinen zwei gegenüberliegenden Federn zwischen den einander entgegengekehrten Spitzen ist ein sehr regelmässiger und gleichförmiger, was sich sofort mit Aug' und Ohr deutlich wahrnehmen lässt. Er besteht aber auch noch gegenüber von viel feineren Prüfungsmethoden, worauf ich später zurückkommen will.

Wir waren früher davon ausgegangen, den Strom der Hauptrolle, von dem Strom für das Hammerwerk des Inductoriums unabhängig zu machen, so dass es uns möglich wird, bei gleichbleibendem Gange des Hammerwerkes den inducirenden Strom durch ein als Nebenschliessung zu demselben angelegtes Rheochord abzustufen.

Ich muss nun über dieses Verfahren noch einige Bemerkungen von allgemeinerem Interesse machen. In Fig. IX bedeute w_{I} die Hauptleitung, w_{II} den einen Zweig, w_{III} das Rheochord, so erhält man nach den bekannten Kirchhoff'schen Formeln für die Intensität I_{II} in dem Zweige neben dem Rheochord.

$$I_{II} = \frac{Ew_{III}}{w_I w_{II} + w_I w_{III} + w_{II} w_{III}} \quad (1)$$

und für die Intensität in der Hauptleitung

$$I_I = \frac{E(w_{II} + w_{III})}{w_I w_{II} + w_I w_{III} + w_{II} w_{III}} \quad (2)$$

In 1 Zähler und Nenner mit $w_{III} + w_{II}$ multiplicirt gibt nach 1 und 2

$$I_{II} = \frac{w_{III}}{w_{III} + w_{II}} I_I \quad (3)$$

Man ersieht daraus, dass die Intensität in dem Zweige zunimmt, wenn die Intensität in der Hauptleitung und wenn die Rheochordlängen zunehmen. Der Rheostat (Fig. V u. VIII) dient dazu I_I passend zu reguliren und dadurch die Werthe von I_{II} bei den einzelnen Versuchen zwischen andere Grenzen zu verlegen.

Wie sich in (1) I_{II} mit w_{III} ändert, während alle anderen Bedingungen constant bleiben, ergibt sich des Näheren aus der folgenden Überlegung.

Betrachtet man in der Gleichung

$$I_{II} = \frac{Ew_{III}}{w_I w_{II} + w_I w_{III} + w_{II} w_{III}}$$

oder

$$(w_I + w_{II}) w_{III} I_{II} - Ew_{III} + w_I w_{II} I_{II} = 0 \quad (4)$$

die Variabelen $I_{II} = y$ und $w_{III} = x$ als die Coordinaten eines veränderlichen Punktes, so findet man, dass (1) die Gleichung einer gleichseitigen Hyperbel ist. Die Coordinatenaxen sind parallel den Assymptoten x', y' Fig. X. Sie geht durch den Anfangspunkt 0 der Coordinaten, da der Gleichung (4) auch durch $x = y = 0$ entsprochen wird. Die Coordinaten des Mittelpunktes der Hyperbel sind

$$0B = -\frac{w_I w_{II}}{w_I + w_{II}}$$

$$0'B = \frac{E}{w_I + w_{II}}$$

Für die Axen $x'0'$ und $y'0'$ nimmt nämlich die Gleichung (4), wie durch Transformation der Coordinaten leicht zu finden ist, die Form

$$x'y' = \frac{Ew_{\mathrm{I}}w_{\mathrm{II}}}{(w_{\mathrm{I}}+w_{\mathrm{II}})^2} = \text{const.} \qquad (5)$$

an und für die Axen $X0'$ und $Y0'$ die Form

$$X^2 - Y^2 = \frac{2Ew_{\mathrm{I}}w_{\mathrm{II}}}{(w_{\mathrm{I}}+w_{\mathrm{II}})^2} = \text{const.} \qquad (6)$$

Durch das Stück $A0$ Fig. X können wir uns also das Gesetz des Anwachsens der Stromstärke in dem Zweige w_{II} dargestellt denken, wenn der Rheochordschieber von 0 nach aufwärts an der Scala verschoben wird, während im gegebenen Falle alle anderen Widerstände ungeändert bleiben [1].

---

[1] Bei Luchsinger (l. c. p. 545) kommen folgende Deductionen vor: „Nach den Gesetzen der Stromverzweigung ist — wenn ε die elektromotorische Kraft I und W-Intensität und Widerstand in der Stammleitung i_1, w_1 dasselbe in der Hauptrolle i_2, w_2 im Rheochordzweige bedeuten

$$i_1 = \frac{\varepsilon w_2}{W(w_1+w_2)+w_1w_2}.$$

Wenn W und w_1 sehr gross im Vergleiche zu w_2, ist eine Reduction der Gleichung zu

$$i_1 = \frac{\varepsilon w_2}{Ww_1}$$

erlaubt.

Nur dann ist die Intensität in der i_1 proportional dem Rheochordwiderstande w_2, was Herrn Preyer vielleicht vorschwebte.

Diese Bedingungen sind aber in unserem Falle nicht erfüllt. Denn w_1, der Widerstand der Hauptrolle beträgt an meinem Apparate kaum 160 Rheochordeinheiten, während die Variationen der w_2, der Rheochordwiderstände, 1000—2000 Einheiten betragen. Dann aber muss von einem gewissen niedrigen Werthe w_2 ab die Intensität i_1 der Rolle sich durch Variiren von w_2 nur wenig ändern können, der Werth von i_1 sich schnell einem Grenzwerthe

$$i_1 = \frac{\varepsilon}{W}$$

nähern, der von den Änderungen im Rheochord völlig unabhäng ist.“

Diese Deductionen Luchsinger's sind sämmtlich falsch, wie eine einfache Überlegung ergibt. Dächte man daran, dass in Luchsinger's

Wird w_I oder w_{II} oder werden beide $= \infty$, so fält $A0$ mit der Abscissenaxe zusammen. In beiden Fällen existirt kein Strom in dem Zweige neben dem Rheochord.

Für $w_I = 0$ wäre

$$I_{II} = \frac{E}{w_{II}}$$

und für $w_{II} = 0$

$$I_{II} = \frac{E}{w_I}.$$

Es ergibt sich aber aus der voranstehenden Darstellung für unseren Reizapparat sofort die Folgerung, dass uns derselbe eine sehr ausgedehnte und feine Abstufung des Inductionsstromes ermöglicht, da wir aus einer Reihe von Curven, für den primären

---

Text die Worte „W und w_1 sehr gross" einen Druckfehler enthalten und es vielmehr heissen sollte: sehr klein, dann ist die reducirte Gleichung ein Nonsens.

Reducirt man aber unter der Voraussetzung, welche Luchsinger macht, dann wird man nicht auf die Gleichung

$$i_1 = \frac{\varepsilon w_2}{W w_1},$$

sondern auf die Gleichung

$$i_1 = \frac{\varepsilon w_2}{\infty} \text{ oder } i_1 = 0$$

geführt, was mit unseren obigen Angaben übereinstimmt.

Wie man auf den Grenzwerth

$$i_1 = \frac{\varepsilon}{W},$$

den Luchsinger weiterhin anführt und welchen wir mit

$$I_{II} = \frac{E}{w_1}$$

bezeichnet haben, kommen würde, ist oben auseinander gesetzt.

Was aber für das Verfahren Luchsinger's gilt, das ist in dem früher angeführten Hyperbel-Gesetze, welches Luchsinger nicht erwähnt, enthalten, und aus diesem folgt allerdings, dass über eine gewisse Grenze hinaus eine weitere Steigerung der Rheochordlängen ohne Einfluss auf die Intensität in der Nebenleitung ist. Das ist der Fall, wenn die Hyperbel der Assymptote sich schon sehr angenähert hat.

Strom leicht eine bestimmte und von dieser wieder das unseren Zwecken passendste Stück der Hyperbel auswählen können.

Wir vermögen so uns dem Widerstande und dem Grade der Erregbarkeit der in den Inductionskreis eingeschalteten Theile leicht anzupassen, und im gegebenen Falle die Abstufung des Inductionsstromes in entsprechender Weise vorzunehmen. Man muss aber dabei sowohl für den Strom der Hauptrolle des Inductoriums als auch für den Strom des Hammerwerks Elemente anwenden, welche für längere Dauer völlig constant sind.

Mit dem besten Erfolge habe ich für beide Ströme, die jüngst von mir[1] beschriebenen Zink-Kupferelemente angewendet. Ich habe den in der citirten Abhandlung angeführten Regeln für den Gebrauch dieser Elemente nur hinzuzufügen, dass es gut ist, das Zink von Zeit zu Zeit an seiner unteren Seite am besten mit einer Bürste rein zu putzen und habe ich es, um die Erneuerung der Zinkplatte auf längere Zeit hinauszuschieben, auch vortheilhaft gefunden, die Zinkplatten um das Doppelte und Dreifache dicker giessen zu lassen, als meinen damaligen Angaben entspricht.

Ich habe es nicht unterlassen, meinen Reizapparat einer speciellen experimentellen Prüfung zu unterwerfen. Da mir dieselbe einiges Interesse zu verdienen scheint und spätere Schlüsse auf dieselbe basirt werden sollen, will ich dieselbe hier mittheilen.

Es wird das auch die mit dem Reizapparate erhaltenen Resultate gegen Einwürfe möglichst sicherstellen.

1. Ich schaltete in die Zweigschliessung neben dem Rheochord die Spirale eines empfindlichen Spiegelgalvanometers *g* (Fig. IX) und an einer anderen Stelle *c* einen Schlüssel ein.

Als solchen benützte ich, da es mir nicht auf die Beobachtung der Ablenkung bei dauernder Schliessung, sondern vielmehr auf die Beobachtung des Erfolges kurz vorübergehender Stromschlüsse ankam, den von mir an einem anderen Orte[2] schon beschriebenen Manometerschlüssel, der aber in beiden

---

[1] Untersuchungen aus dem Institute für Physiologie und Histologie in Graz. 3. Heft. Leipzig 1873, p. 295.

[2] L. c. 3. Heft, p. 301, Fig. 2.

Schenkeln nur je einen Leitungsdraht besass, im übrigen in der (l. c.) angeführten Weise gehandhabt wurde.

Es wurde also analog den Vorgängen am Inductionsapparate der Strom rasch einmal geschlossen und wieder geöffnet. Als Element diente eines der oben angeführten, und wurde mittelst eines Rheostaten in der Hauptleitung der Strom vorerst so regulirt, dass, wenn der Rheochordschieber auf 0 sich befand, beim Schliessen der Magnet völlig ruhig blieb.

Ich beobachtete dann nacheinander die Ausschläge bei verschiedener Einstellung des Rheochordschiebers.

Noch habe ich zu bemerken, dass zu Anfang des Versuches der Magnet auf eine bestimmte Ruhelage eingestellt wurde, welche, wenn sich dieselbe während des Versuches ein wenig änderte, durch feine Drehung des Scalenfernrohres um die verticale Axe vor jeder Ablesung wieder aufgesucht wurde.

Es konnte das ohne Nachtheil geschehen und wird dadurch die Übersichtlichkeit der Aufzeichnungen erhöht. Die Scala befand sich in einer Entfernung $a = 2{\cdot}15$ Meter vom Spiegel. Wegen der Kleinheit der Ablenkungswinkel des Spiegels, welche bei den grössten Ausschlägen, die beobachtet wurden, noch nicht 1° betrugen, soll in bekannter Weise $\frac{n}{a} = \text{tang } 2\varphi$ gleich $2 \text{ tang } \varphi$ gesetzt werden und die Stromintensität direct proportional der beobachteten Anzahl Theilstrichen n, um welche das Spiegelbild der Scala verschoben wurde.

Die folgende Tabelle enthält die Resultate von zehn Versuchsreihen, welche sich über 6 Tage erstreckten. Während derselben blieb die Versuchsanordnung immer in derselben Weise erhalten, nur wurde das Kupfervitriol-Reservoir des Elementes nach Beendigung der einzelnen Versuchsreihen gesperrt und das Element metallisch geschlossen; vor Beginn jeder Versuchsreihe aber das Reservoir wieder geöffnet und gewartet, bis die Kupfervitriollösung ihre an der Kupferspirale leicht abzulesende gewöhnliche Höhe wieder erreicht hatte.

Tabelle I.

Versuchs-nummer	Stöpsel-rheostat	Rheochord auf	Galvanometer			Versuchstag
			Ruhelage	Ausschlag bis	Verschiebung d. Spiegelbildes in Theilstrichen der Scala	
I	400	50	510	497	13	Erster Nachmittag
		100	„	489	21	
		200	„	477	33	
		400	„	465	45	
		600	„	455	55	
		1000	„	448	62	
II	400	50	„	497	13	Zweiter Vormittag
		100	„	489	21	
		200	„	479	31	
		400	„	466	44	
		600	„	458	52	
		1000	„	449	61	
III	400	50	500	486	14	Zweiter Nachmittag
		100	„	480	20	
		200	„	467	33	
		400	„	454	46	
		600	„	347	53	
		1000	„	434	63	
IV	400	50	510	497	13	Dritter Vormittag
		100	„	489	21	
		200	„	477	33	
		400	„	465	45	
		600	„	457	53	
		1000	„	448	62	
V	400	50	„	497	13	„
		100	„	489	21	
		200	„	478	32	
		400	„	463	47	
		600	„	455	55	
		1000	„	446	64	

Versuchs-nummer	Stöpsel-rheostat	Rheochord auf	Galvanometer			Versuchstag
			Ruhelage	Ausschlag bis	Verschiebung d. Spiegelbildes in Theilstrichen der Scala	
	400	50	500	487	13	
		100	„	480	20	
VI		200	„	469	31	Vierter
		400	„	456	44	Vormittag
		600	„	446	54	
		1000	„	437	63	
	400	50	„	488	12	
		100	„	479	21	
VII		200	„	469	31	
		400	„	454	46	„
		600	„	447	53	
		1000	„	440	60	
	400	50	„	486	14	
		100	„	479	21	
VIII		200	„	468	32	Fünfter
		400	„	455	45	Vormittag
		600	„	446	54	
		1000	„	437	63	
	400	50	510	498	12	
		100	„	491	19	
IX		200	„	479	31	Fünfter
		400	„	467	43	Nachmittag
		600	„	456	54	
		1000	„	448	62	
	400	50	500	488	12	
		100	„	481	19	
X.		200	„	469	31	Sechster
		400	„	457	43	Vormittag
		600	„	448	52	
		1000	„	439	61	

Die Mittelwerthe der Verschiebungen des Spiegelbildes aus den zehn Beobachtungsreihen und die denselben entsprechenden Ablenkungswinkel und deren Tangenten sind.

Tabelle II.

Rheochordschieber auf	50	100	200	400	600	1000
Mittel von n	12·9	20·5	32·0	44·8	53·5	62·1
φ	10'18·5"	16'23"	25'34·5"	35'53·5"	42'45·5"	49'35"
tang φ	0·0029	0·0048	0·0074	0·0104	0·0124	0·0144

Wir werden uns dem oben ausgesprochenen Gesetze nur annähern, denn, abgesehen von den übrigen Fehlerquellen ist für unsere Versuche mit dem Galvanometer wegen des Schliessungsextrastromes [1]

$$I_{II} = \frac{Ew_{III}}{(w_I+w_{II})w_{III}+w_Iw_{II}}\left(1-e^{-\frac{[(w_I+w_{II})w_{III}+w_Iw_{II}]t}{(w_I+w_{III})p}}\right)$$

wo t die Stromdauer und p das Potentiale der Spirale auf sich selbst bedeutet, wenn wir auch dafür sorgen, dass t in allen Versuchen gleich bleibt, so erscheint noch w_{III}, und zwar nicht als gemeinschaftlicher Faktor in Zähler und Nenner des Exponenten.

Passen wir aber die Resultate unserer Versuche direct der Gleichung einer gleichseitigen Hyperbel (Fig. X) an. Für das Stück $0A$ einer solchen, deren halbe grosse Axe 200 ist und wobei die Coordinaten des Mittelpunktes

$$0B = -259·74$$
$$0'B = \quad 77·00$$

sind, finden wir nach

$$x'y' = 20000,$$

[1] Helmholtz, Über die Dauer und den Verlauf der durch Stromesschwankungen inducirten Ströme. Poggend. Annalen Bd. LXXXIV, p. 524.

wenn wir y' von dem Werthe $0B = 259{\cdot}74$ an um 50, 100, 200 etc. wachsen lassen und die erhaltenen x' von dem Werthe $0'B = 77{\cdot}00$ abziehen für die Werthe von

$x =$	50,	100,	200,	400,	600,	1000
				die berechneten Werthe von		
$y = 0'B - x' =$	12·43,	21·41,	33·50,	46·72,	53·74,	61·13
				was verglichen mit den beobachteten		
$n =$	12·90,	20·50,	32·00,	44·80,	53·50,	62·10
die Unterschiede	−0·47,	+0·91,	+1·50,	+1·92,	+0·24,	−0·97
						ergibt.

Ausser dieser Übereinstimmung ist mir aber zur Rechtfertigung des speciellen Verfahrens bei den später mitzutheilenden physiologischen Versuchsreihen noch von Wichtigkeit, dass man sich einmal an einer wie oben substituirten Curve des genaueren über die Änderungen orientire, welche die Stromstärke im Zweige neben dem Rheochord erleidet; wenn man sich z. B. den Rheochordschieber von 0 an um je zwei und zwei Centimeter der Scale [1] nach aufwärts verschoben denkt.

Man wird dabei das folgende erhalten:

von 0—18 Centimeter nimmt der Zuwachs von y für je 2 Centim. rasch von 4—2 ab, und zwar erfolgt anfangs die rascheste Abnahme;

von 18—38 Centimeter nimmt der Zuwachs von y für je 2 Ctm. successive von 1·9 —1·0 ab, und zwar ist immer der folgende Zuwachs ungefähr um 0·01 kleiner;

von 38—100 Centimeter nimmt der Zuwachs von y für je 2 Ctm. successive von 0·9—0·2 ab, und zwar ist immer der folgende Zuwachs nicht um ein Hundertel kleiner als der vorausgehende.

Von	0—	100	wächst	y	von	0—61·22		
„	100—	200	„	„	„	—68·29	um	7·05
„	200—	300	„	„	„	—71·00	„	2·72
„	300—	500	„	„	„	—73·35	„	2·34
„	500—	1000	„	„	„	—75·21	„	1·86
„	1000—	2000	„	„	„	—76·18	„	0·97

dann sind die Rheochordwiderstände sämmtlich verbraucht.

[1] i. e.: 20 Rheochordeinheiten.

Mit dem ganzen dritten Tausend unserer Rheochord-Einheiten erzielen wir aber nur mehr den halben Zuwachs, den y schon durch die ersten zwanzig Rheochord-Einheiten erfährt.

Das Urtheil über die Leistungsfähigkeit des Rheochordes bei richtiger Handhabung des Schiebers und der Stöpseleinrichtung für zwischen möglichst weiten Grenzen liegende, feine Stromabstufungen ergibt sich aus den angeführten Betrachtungen von selbst.

2. Die nachfolgende Tabelle enthält noch Versuche ähnlich den früher angestellten, aber bei verschiedener Einstellung des Rheostaten in der Hauptleitung.

Tabelle III.

Versuchsnummer	I			II			III			Verhältniss der Rheostaten-Widerstände u. der Ablenkungen in d. Versuchen I, II, III	
Stöpselrheostat	900			400			300			2·25	1·33
Rheochord auf	Galvanometer									—	—
	Ruhelage	Ausschlag bis	Ablenkung in Theilstrichen	Ruhelage	Ausschlag bis	Ablenkung in Theilstrichen	Ruhelage	Ausschlag bis	Ablenkung in Theilstrichen		
50	500	494	6	500	487	13	500	482	18	2·16	1·38
100	„	490	10	„	479	21	„	471	29	2·10	1·38
200	„	486	14	„	468	32	„	458	42	2·28	1·31
400	„	480	20	„	455	45	„	440	60	2·25	1·33
600	„	476	24	„	447	53	„	429	71	2·21	1·34
1000	„	472	28	„	438	62	„	416	84	2·21	1·35

Es ergibt sich daraus der Nutzen des Rheostaten, den wir später für unsere Versuche ziehen wollen.

3. Ich habe endlich noch mittelst einer Galvanometer-Rolle aus sehr dünnem Draht und hoher Windungszahl (physiologische Rolle), mit der ich die Nebenrolle meines Reizapparates schloss, die Öffnungsschläge untersucht, während der Rheochordschieber im primären Kreise in verschiedener Weise eingestellt wurde.

Zu dem Ende wurde bei *g*, Fig. IX, die Hauptrolle eingeschaltet, über dieselbe die Nebenrolle *I* geschoben. In dem Kreise der letzteren befand sich das Galvanometer *g'*, ferner ein du Bois'scher Schlüssel bei *c'*. Die übrige Anordnung blieb wie in Fig. 9. Der Schlüssel bei *c* wurde, während *c'* eingelegt war, so gehandhabt, dass das Quecksilber in dem einen Schenkel so weit emporgehoben wurde, dass die Platinspitze eben in dasselbe eintauchte. Die Einstellung der Quecksilberkuppe wurde immer auf eine bestimmte Marke vorgenommen.

War so der Schliessungsschlag abgeblendet, dann wurde *c'* geöffnet und das Quecksilber in *c* fallen gelassen; es erfolgte der Öffnungsinductionsschlag.

Die folgende Tabelle enthält die so gewonnenen Resultate.

Tabelle IV.

Versuchsnummer	Stöpselrheostat	Rheochord auf	Galvanometer			Versuchstag
			Ruhelage	Ausschlag	Ablenkung in Theilstrichen	
I	5	50	500	507	7	Erster Vormittag
		100	„	512	12	
		300	„	519	19	
		600	„	524	24	
		1000	„	526	26	
II	5	50	„	508	8	Erster Nachmittag
		100	„	512	12	
		300	„	519	19	
		600	„	524	24	
		1000	„	526	26	

Versuchs-nummer	Stöpsel-rheostat	Rheochord auf	Galvanometer			Versuchstag
			Ruhelage	Ausschlag	Ablenkung in Theilstrichen	
	5	50	500	508	8	
		100	„	512	12	Erster
III		300	„	519	19	Nachmittag
		600	„	524	24	
		1000	„	526	26	
	5	50	„	507	7	
		100	„	512	12	Zweiter
IV		300	„	520	20	Vormittag
		600	„	524	24	
		1000	„	526	26	
	5	50	„	508	8	
		100	„	512	12	
V		300	„	519	19	„
		600	„	524	24	
		1000	„	526	26	
	5	50	„	508	8	
		100	„	512	12	Dritter
VI		300	„	520	20	Vormittag
		600	„	524	24	
		1000	„	526	26	
	8	50	„	505	5	
		100	„	508	8	Dritter
VII		300	„	514	14	Nachmittag
		600	„	518	18	
		1000	„	519·5	19·5	
	12	50	„	514	14	
		100	„	520	20	
VIII		300	„	534	34	„
		600	„	540	40	
		1000	„	545	45	

4. Wir müssen nun noch die Prüfung der früher beschriebenen Unterbrechungsvorrichtung für den primären Strom vornehmen.

Ich habe schon früher angeführt, dass der Gang jenes Hammerwerkes, welches ich als Unterbrecher des inducirenden Stromes benützte, ein sehr regelmässiger ist. Mittelst der zwei gegenüberliegenden Schrauben und der Spiralfedern lässt sich derselbe, wenn man den Hammer nur mittelst eines Elementes von gleichbleibender Wirkung in Bewegung setzt, sehr gut reguliren.

Zur Prüfung desselben brachte ich an dem Hammerstiel eine schreibende Spitze an und liess die Bewegung des Hammers auf eine berusste Walze anschreiben. Die bei verschiedener Frequenz erhaltenen Curven sind in Fig. XI und XII dargestellt, und zwar nach photographisch vervielfältigten Originalcurven.

In Fig. XI, welche die Hammerfrequenz darstellt, mit welcher ich meine Versuche anstellte und welche mit Leichtigkeit immer wieder zu finden war, ist auch die gleichzeitig erhaltene Schrift einer chronographischen Gabel von König enthalten, die 100 Schwingungen in der Sekunde gab.

Wenn wir uns an die über der Stimmgabelschrift befindliche Hammercurve, die wie auch die folgenden von rechts nach links zu lesen ist, halten, so finden wir, dass auf 0·81 Sekunden 22 Schwingungen des Hammers kommen. Für die zwei darüberliegenden, unmittelbar darauf angeschriebenen Hammercurven kommen für die eine auf 0·8025 Sekunden, für die andere auf 0·8075 Sekunden 22 Schwingungen. Im Mittel kommen also auf 0·8066 Sekunden 22 Schwingungen, oder auf die Sekunde 27·27 Schwingungen des Hammers, was 54·54 abwechselnd entgegengesetzt gerichteten Inductionsschlägen in der Sekunde entspricht.

Durch eine Reihe von Versuchen wie der vorausgehende überzeugte ich mich, dass ich, wie ich auch vorher die Schrauben des Unterbrechers verstellen mochte, auf 26—28 Schwingungen in der Sekunde immer wieder genau einstellen konnte.

Den Hammercurven sind aber noch weitere Details zu entnehmen, wie aus den Fig. XI und XII ersichtlich ist. Offenbar entsprischt in Fig. XI *a* dem Moment, wo die untere Halskesche Feder auf die Contactspitze trifft, *b* dem Moment, wo der

Versuchs-nummer	Stöpsel-rheostat	Rheochord auf	Galvanometer Ruhelage	Galvanometer Ausschlag	Galvanometer Abl…
III	5	50	500	508	
		100	„	5…	
		300	„		
		600	„		
		1000	„		
IV	5	50			
		1…			

…wird der …el 0·0368 Se- …0225 Sekunden. …nung beträgt also Öffnung und darauf- …unden. Für den oberen …nteresse für uns hat, haben …deutung, wie *a*, *b* und *c* für

…merkenswerthen Punkte erscheinen auch in den *…n Frequenzen entsprechenden* Curven der Fig. XII noch *…regelmässig.* Nur in der einer sehr niederen Hammer-*frequenz entsprechenden* Curve der Fig. XII, wo der Hammer *zwischen weit* von einander geschraubten Contactspitzen in regel-*mässigem Tacte* hin- und herging, sind sie nicht mehr enthalten, *dort geht* vielmehr der Hammer in einer Reihe von regelmässigen *kleinen* Schwingungen nieder.

Nach den gemachten Erfahrungen wird man aber über den regelmässigen Gang unseres Unterbrecherwerkes nicht mehr im Zweifel sein können.

5. Ich habe endlich den Reizapparat, ehe ich an die Versuche ging, noch direct physiologisch erprobt und zwar in zweierleiWeise.

Erstens war es mir von Werth, einen unmittelbaren Nachweis für die gleiche oder nahezu gleiche physiologische Wirkung der Öffnungs- und Schliessungs-Inductionsschläge meiner Reizvorrichtung zu haben.

Zweitens wollte ich den Verlauf kurz dauernder, tetanischer Contractionen eines Muskels, wenn derselbe successive durch die abgestuften Reize des Apparates in bestimmten Intervallen vom Nerven aus erregt wurde, näher kennen lernen.

Für beide Versuchsreihen diente mir eine Vorrichtung, welche ich als rotirenden Schlüssel an einem späteren Orte dieser Abhandlung beschreiben will. Ihrem Wesen nach ist dieselbe eine gut leitende Nebenschliessung, welche von demselben Uhrwerke in Bewegung gesetzt wird, welches den Cylinder des Myographions bewegt und welche in bestimmten Intervallen einfällt und wieder entfernt wird.

'ingeschaltet wurde dieselbe bei der ersten Versuchsreihe
e des Hammers, Fig. VIII, der dann sammt der für ihn
en Kette entfällt, während die übrige Anordnung die-
' wie in Fig. VIII, in welcher *S* den Rheostaten, *R* das
edeutet. Bei der zweiten Versuchsreihe dagegen ist
' vollkommen der Fig. VIII entsprechend, und nur
der rotirende Schlüssel bei *C* in den Inductions-
et.

'llen wurden Platinelektroden von später zu
..uer Form, die mit der Inductionsrolle *N*, Fig. VIII, in
..indung standen, an den *N. ischiadicus* gelegt.

a) In den Figuren XIII u. XIV sind die mittelst der ersten Versuchsanordnung gewonnenen und einzelnen Öffnungs- und Schliessungsschlägen entsprechenden Zuckungen des Gastrocnemius vom Frosche mit Marey's Myographion aufgezeichnet. Dabei erfolgte immer zuerst ein Öffnungs- oder Schliessungsschlag, davon durch ein bestimmtes Intervall getrennt, ein Schliessungs- oder Öffnungsschlag, dann in derselben Ordnung die folgenden. Die aufeinanderfolgenden Schläge sind mit fortlaufenden Nummern bezeichnet und fallen, je nachdem die Reihe mit einem Öffnungs- oder Schliessungsschlag beginnt, auf die ersteren oder auf die letzteren alle ungeraden Zahlen von 1—29, und umgekehrt alle geraden Zahlen von 2—30 auf die entsprechenden ungleich namigen Inductionsschläge, und zwar entsprechen diesen Figuren die in der folgenden Tabelle enthaltenen Versuche.

Der erste derselben ist an einem durch vorausgehende Versuche schon etwas ermüdeten Muskel angestellt und drückt sich das darin aus, dass die Zuckungscurve auseinander gezogen erscheint[1].

Der zweite Versuch betrifft einen ganz frischen, vollkommen leistungsfähigen Muskel. Beide Versuche sind aus einer Reihe ganz übereinstimmender ausgewählt.

---

[1] Vergl. O. Funke, Über den Einfluss der Ermüdung auf den zeitlichen Verlauf der Muskelthätigkeit. Freiburger Programm 1873, p. 26.

Tabelle V.

Versuchsnummer	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Nummer der Öffnungsschläge	Nummer der Schliessungsschläge	Höhe der Zuckungscurve, die ein Vielfaches der Muskelverkürzung ist, in Millimetern	Anmerkung
I	20	9·5	1	2	13·5	Der Werth für die Höhe der Curve über der Abscisse ist das Mittel aus einer Reihe von wiederholten Messungen mittelst Fernrohr u. Mikrometer. Die Resultate der einzelnen Messungen weichen nur in den Zehnteln sowohl für die Öffnungs-, als auch für die Schliessungsschläge bald nach oben, bald nach unten von dem Mittel ab.
Fig. 13		11·5	3	4		
		13·5	5	6		
		15·5	7	8	14·5	
		17·5	9	10		
		19·5	11	12		
		21·5	13	14		
		23·5	15	16	14·8	
		25·5	17	18		
		27·5	19	20		
		29·5	21	22		
		31·5	23	24		
		33·5	25	26		
		35·5	27	28		
		37·5	29	30	15·1	
II	20	17·5	2	1	11·70	
Fig. 14		19·5	4	3		
		21·5	6	5		
		23·5	8	7	12·30	
		25·5	10	9		
		27·5	12	11		
		29·5	14	13		
		31·5	16	15	12·75	
		33·5	18	17		
		35·5	20	19		
		37·5	22	21		
		39·5	24	23		
		41·5	26	25		
		43·5	28	27		
		45·5	30	29	13·75	

Wir können aus diesen Versuchen entnehmen, dass eine erhebliche Differenz zwischen der physiologischen Wirkung der Öffnungs- und Schliessungsschläge nicht vorhanden ist.

Liesse sich gegen die Genauigkeit unseres Messverfahrens auch eine Einwendung erheben, wenn es sich nur um die Vergleichung zweier zusammengehöriger, ungleichnamiger Schläge handeln würde, so entfällt diese Einwendung doch bei der Betrachtung der ganzen Reihe der Öffnungs- und Schliessungsschläge sofort, denn wenn sich so feine Unterschiede in der Wirkung der aufeinanderfolgenden gleichnamigen Schläge noch nachweisen lassen, wie das bei unseren Versuchen der Fall ist, so müssten auch nur einigermassen erhebliche Differenzen in der physiologischen Wirkung der ungleichnamigen Schläge in einer ganz deutlichen und unzweifelhaften Weise hervortreten.

b) Die Figuren XV, XVI, XVII u. XVIII zeigen bei der zweiten Versuchsanordnung erhaltene, kurze aber in bestimmten Intervallen, bei verschiedener Reizstärke sich folgende tetanische Contractionen des Gastrocnemius vom Frosch, ebenfalls mit Marey's Myographion gezeichnet, und zwar entsprechen die Curven den in der nachfolgenden Tabelle enthaltenen Versuchen.

An jedem Präparate wurde zuerst bei nicht angedrücktem Hebel, durch langsames Abziehen des Rheochordschiebers von 0 an, diejenige Einstellung des Schiebers aufgesucht, bei welcher eine Zuckung eben sich bemerken liess, dann wurde diese angeschrieben und darauf in der Zeit, während welcher die rotirende Nebenschliessung des secundären Kreises eingefallen war, der Schieber auf jene Theilstriche eingestellt, welche in der Tabelle angegeben sind.

Wieder diente, wie zu allen bisher angeführten Versuchsreihen, was ich hier ausdrücklich noch einmal bemerke, eines der bezeichneten Elemente für den primären Strom. Ein anderes solches Element setzte den Hammer in Bewegung. Ich will aber, indem ich das betone, auch zugleich hervorheben, dass alle die vorausgehenden Versuche als ebenso viele Prüfsteine für die unter allen Umständen so grosse Constanz[1] der verwen-

[1] Vergl. auch: Untersuchungen etc. l. c. p. 300.

deten Elemente, auf welche bei unseren Versuchen fast alles ankommt, zu betrachten sind und dass schon aus diesem Grunde den mitgetheilten Versuchen ein nicht zu unterschätzender Werth zukommt.

Tabelle VI.

Versuchsnummer	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Nummer der Reizung	Anmerkung
I	40	9·5	1	In allen Versuchen folgten die Reizungen in Intervallen von circa 62½ Sekunden aufeinander, und dauerte jede Reizung in I nahe an 3 Sekunden, in II, III nnd IV etwas über eine Sekunde an.
Fig. 15		11·5	2	
		14·5	3	
		24·5	4	
		44·5	5	
		84·5	6	
II	40	17	1	
Fig. 16		19	2	
		22	3	
		32	4	
		52	5	
		92	6	
III	40	10	1	
Fig. 17		12	2	
		15	3	
		25	4	
		45	5	
		85	6	
IV	40	13·5	1	
Fig. 18		15·5	2	
		18·5	3	
		28·5	4	
		48·5	5	
		88·5	6	

Eines weiteren Commentares bedürfen die in der Tabelle enthaltenen Versuche vorläufig nicht.

Nur muss ich bemerken, dass die in der letzten Tabelle mitgetheilten Versuche schon vollständig analog jenen sind, welche mir zur Feststellung der Thatsache dienten, dass functionell verschiedene Nervmuskelapparate eine verschiedene Erregbarkeit besitzen.

IV. Erste Versuchsreihe.

Die erste Reihe meiner Versuche stellte ich aus besonderen Gründen, deren Berücksichtigung sich mir aber bald als überflüssig erwies, mit Elektroden an, welche den von Kühne[1] einmal zu bestimmten Zwecken benützten nachgebildet waren, nur befestigte ich dieselben an einem passenden Gestelle. Mit den Klemmen dieser Elektroden, Fig. XIX, wurden die Enden der Inductionsspirale, Fig. VIII, verbunden. Die letztere Zeichnung vergegenwärtigt die ganze Versuchsanordnung.

Der aus mehrfachen Lagen bestehende Filtrirpapierpausch der Elektroden, Fig. XIX, war mit 1% ClNa-Lösung getränkt. Auf dieselben wurde der ganze Verlauf des *N. ischiadicus* von der Theilungsstelle an der Länge nach aufgelegt und der Nerv mit einer kleinen, feuchten Kammer, Fig. I, II, III *g h*, bedeckt. Diese Kammer, welche auch zu allen weiteren Versuchen dienen wird, ist von einem der Länge nach aufgeschliffenen Glasröhrchen gebildet, die Enden des so erhaltenen Deckels sind mit Siegellackwänden verschlossen, deren eine nur einen seichten Eindruck am unteren Rande zum Durchlassen des Nerven besitzt.

Das Bein, dessen Nerv in der eben berührten Weise auf den Elektroden lag, war in der unter II beschriebenen Weise aufgehängt und fixirt, und in passender Erhöhung und Entfernung so aufgestellt, dass es sich in den in den Figuren I, II und III dargestellten Ansichten fortwährend vor den Augen des am Schlüssel und Rheochord beschäftigten Experimentators befindet.

Ich werde nun die Resultate dieser Versuche, die ich, da sie in allen wesentlichen Punkten mit meinen später angestellten

---

[1] Über die Wirkung des amerikanischen Pfeilgiftes. Reichert und du Bois Archiv. Jahr 1860, p. 490.

Versuchen übereinstimmen, nicht verloren geben will, hier mittheilen. Nur die Einrichtung der Electroden will ich als nicht nachahmenswerth bezeichnet haben. Es sind immer eine Reihe von Versuchen an demselben Schenkel angestellt worden.

Wie bei den im vorigen Abschnitte zuletzt angeführten Tetanusversuchen wurde auch hier zuerst bei einem bestimmten Rheostatenwerth durch langsames Abziehen des Rheochordschiebers die Entfernung des letzteren vom 0-Punkte aufgesucht, bei welcher überhaupt eine Wirkung zu beobachten war, dann wurde der Schieber von 5 zu 5 Centimeter nach aufwärts eingestellt und wieder die Wirkung beobachtet. Die näheren Details und einzelnen Abweichungen von dem im Allgemeinen eingehaltenen Verfahren wird man aus den Tabellen entnehmen. Nur in Bezug auf die Handhabung des Schlüssels bei *C*, Fig. VIII, welcher ein du Bois'scher Schlüssel war, muss ich noch einiges bemerken. Ich richtete mich so ein, dass bei jeder, auf eine bestimmte Einstellung des Rheochordschiebers fallenden Reizung, der Schlüssel etwa 1 Sekunde geöffnet blieb. Etwa 3 Sekunden wurden verwendet, um das Resultat zu notiren, 5 Sekunden, um den Schieber neu einzustellen.

Jeder Versuch nimmt also 9 Sekunden in Anspruch, und betrug dabei das Intervall zwischen den einzelnen Reizungen 8 Sekunden.

Es wäre mir ganz leicht gewesen, das Einfallen und Ausheben der Nebenschliessung *C*, Fig. VIII, durch ein Uhrwerk besorgen zu lassen.

Allein eine so grosse Regelmässigkeit ist kein absolutes Erforderniss und da ich das Einstellen des Rheochordschiebers doch mit der Hand besorgen musste und überdies die gleich später zu erwähnenden gelegentlichen Abänderungen des gewöhnlichen Versuchsverfahrens eine rotirende Nebenschliessung nur als Belästigung erscheinen liessen, so dirigirte ich auch den Schlüssel lieber mit der Hand.

BOSTON MEDICAL
NOV 15 1955
LIBRARY

Tabelle VII.

Bezeichnung des Froschschenkels	Nummer der Versuche	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Erfolg
A	I	20	10	Beginn der Zuckung in den Zehen.
			15	Beugung.
			20	Beugung.
			25	Schwächere Beugung.
			30	Streckung
			35	Stärkere Streckung.
	II	20	12—40 continuirlich abgezogen	bei 12 beginnen die Zuckungen und gehen durch anfangs wachsende, dann abnehmende Beugung in anfangs schwächere, dann immer stärkere Streckung über.
	III	20	14	Beginn.
			19	Beugung.
			24	Beugung.
			29	Starke Beugung.
			34	Schwächere Beugung.
			39	Desgleichen.
			44	Desgleichen.
			49	Streckung.
			54	Stärkere Streckung.
	IV	20	21	Beginn.
			26	Beugung.
			31	Beugung.
			36	Beugung.
			41	Beugung.
			46	Schwächere Beugung und starkes Auseinanderspreizen der Zehen.
			51	Schwache Beugung.
			56	Streckung.
			61	Streckung.

Bezeichnung des Froschschenkels	Nummer der Versuche	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Erfolg
A	V	20	24·5	Beginn.
			29·5	Schwache Beugung.
			34·5	Schwache Beugung.
			39·5	Schwache Beugung.
			44·5	Schwache Beugung und Spreizen der Zehen.
			49·5	Schwache Streckung.
			54·5	Streckung.
			59·5	Streckung.
			64·5	Starke Streckung.
B	I	20	13·5	Beginn.
			18·5	Schwache Zuckung.
			23·5	Schwache Beugung.
			28·5	Schwache Beugung.
			33·5	Stärkere Beugung.
			38·5	Beugung.
			43·5	Beugung.
			48·5—113·5	Die Beugung dauert fort bei allen Einstellungen des Schiebers von 5 zu 5.
	II	10	11·5	Beginn mit schwacher Zuckung.
			16·5—76·5	Beugung anfangs schwächer, dann zu-, dann wieder abnehmend bei allen Einstellungen von 5 zu 5.
			81·5	Zuckende Beugungen u. Streckungen gleichzeitig, eine Art Kampf um die Oberherrschaft zwischen beiden Muskelgruppen.
			86·5	Dasselbe.
			91·5	Dasselbe.
			96·5	Streckung.
			101·5	Streckung.
			106·5	Starke Streckung.

Bezeichnung des Froschschenkels	Nummer der Versuche	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Erfolg
B	III	5	9	Beginn mit schwacher Zuckung.
			14	Schwache Zuckung unbestimmt.
			19	Beugung.
			24	Beugung.
			29	Schwächere Beugung.
			34	Streckung.
			39	Streckung.
	IV V VI VII VIII IX	5	continuirlich abgezogen	Bei allen diesen Versuchen erfolgte der Übergang durch anfangs schwächere, dann stärkere Beugung in Streckung. Es werden aber bei allen späteren Versuchen die Beugungen zusehends schwächer und sind zuletzt nur noch schwach, während noch ausgiebige Streckung erfolgt.
C	I	20	12·5	Beginn.
			17·5	Schwache Beugung.
			22·5	Ebenso.
			27·5—152·5	Beugung bei der Einstellung des Rheochords von 5 zu 5, und zwar wächst die Beugung, bis sie bei 97·5 sehr stark wird, so bleibt bis 122·5, dagegen von da an abnimmt bis 152·5.
			157·5—197·5	Wachsende Streckung bei der Einstellung von 5 zu 5.
	II	10	19	Beginn.
			24	Schwache Beugung.
			29	Stärkere Beugung.
			34	Beugung.
			39	Beugung.
			44	Beugung.

Bezeichnung des Froschschenkels	Nummer der Versuche	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Erfolg
C	II	10	49	Unbestimmt.
			54	Schwache Streckung.
			59—99	Wachsende Streckung bei der Einstellung von 5 zu 5.
	III	10	23	Beginn.
			28	Schwache Beugung.
			33	Desgleichen.
			38	Desgleichen.
			43	Streckung.
			48	Streckung.
			53—98	Wachsende Streckung bei der Einstellung des Rheochordschiebers von 5 zu 5.
D	I	10	5·5	Beginn.
			10·5	Zuckende Beugung.
			15·5	Starke Beugung.
			20·5	Sehr starke Beugung.
			25·5	Desgleichen.
			30·5	Beugung mit einzelnen Strekkungen.
			35·5	Desgleichen.
			40·5	Desgleichen.
			45·5	Schwächere Beugung und Ausspreizen der Zehen.
			50·5	Desgleichen.
			55·5	Desgleichen.
			60·5	Streckung.
			65·5	Stärkere Streckung.
			70·5	Desgleichen.
	II	10	7	Beginn.
			12	Beugung.
			17	Stärkere Beugung.
			22	Starke Beugung.
			27	Desgleichen.
			32	Beugung mit Streckzuckungen.

Bezeichnung des Froschschenkels	Nummer der Versuche	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Erfolg
D	II	10	37	Schwäch. Beugung mit Streckzuckungen.
			42	Beugung, dann Streckung und Ausspreizen der Zehen.
			47	Desgleichen.
			52	Strecken mit Ausspreizen der Zehen.
			57	Streckung.
			62	Streckung.
			67	Streckung.
			72	Streckung.
			77	Streckung.
	III IV V VI VII VIII IX X XI XII	10	22 Starke Beugung. 77 Starke Streckung.	Es wurde bei diesen Versuchen 10mal hintereinander der Rheochordschieber zuerst auf 22, darauf auf 77, dann wieder auf 22 u. s. w. eingestellt.
	XIII	10	11	Beginn.
			16	Schwache Beugung.
			21	Stärkere Beugung.
			26	Desgleichen.
			31	Desgleichen.
			36	Kampf.
			41	Desgleichen.
			46	Desgleichen.
			51	Streckung.
			56	Streckung.
			61	Stärkere Streckung.
			66	Desgleichen.
			71	Desgleichen.
			76	Desgleichen.
			81	Starke Streckung.

Bezeichnung des Froschschenkels	Nummer der Versuche	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Erfolg
D	XIV XV XVI XVII XVIII XIX XX XXI XXII XXIII	10	26 81	Beugung. Streckung. } Diese Versuche wurden wie die Versuche III—XII angestellt.
	XXIV	0	12 17—37 42 47—82	Beginn. Bei allen Einstellungen des Schiebers von 5 zu 5 erfolgen Beugungen, welche etwas zunehmen, aber immer schwach bleiben. Kampf. Anfangs schwächer dann immer stärker, endlich sehr stark werdende Streckungen bei allen Einstellungen des Rheochordschiebers von 5 zu 5.
	XXV XXVI XXVII XXVIII XXIX	10	continuirlich abgezogen 0—100	Bei allen Versuchen gehen deutliche aber schwache u. immer schwächer werdende Beugungen den Streckungen voraus, die Streckungen werden aber sehr kräftig, wenn der Schieber bis 100 abgezogen wird.
E	I	15	16·5 21·5 26·5 31·5 36·5 41·5 46·5 51·5 56·5	Beginn. Schwache Beugung. Stärkere Beugung. Desgleichen. Kampf. Desgleichen. Streckung. Streckung. Streckung.

Bezeichnung des Froschschenkels	Nummer der Versuche	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Erfolg
E	II III IV V VI	15	31·5 56·5	Beugung. } Wie bei *D* III— Streckung. } XII angestellt.
	VII	15	continuirlich abgezogen	Bei 25 beginnend, durch Beugung in Streckung bis 60.
	VIII	15	31 36 41 46 51 56 61	Beginn. Schwache Beugung. Desgleichen. Etwas stärkere Beugung. Kampf. Streckung. Streckung.
	IX	10	22 27 32 37—100	Beginn. Unbestimmt (sehr schwache Beugung). Streckung. Wachsende und zuletzt sehr energische Streckung bei allen Einstellungen des Schiebers von 5 zu 5.
F	I	20	7 12 17 22 27 32 37 42 47 52	Beginn. Beugung. Desgleichen. Schwächere Beugung. Kampf. Desgleichen. Desgleichen. Desgleichen. Streckung. Starke Streckung.
	II	20	17 52	Beugung. Streckung.

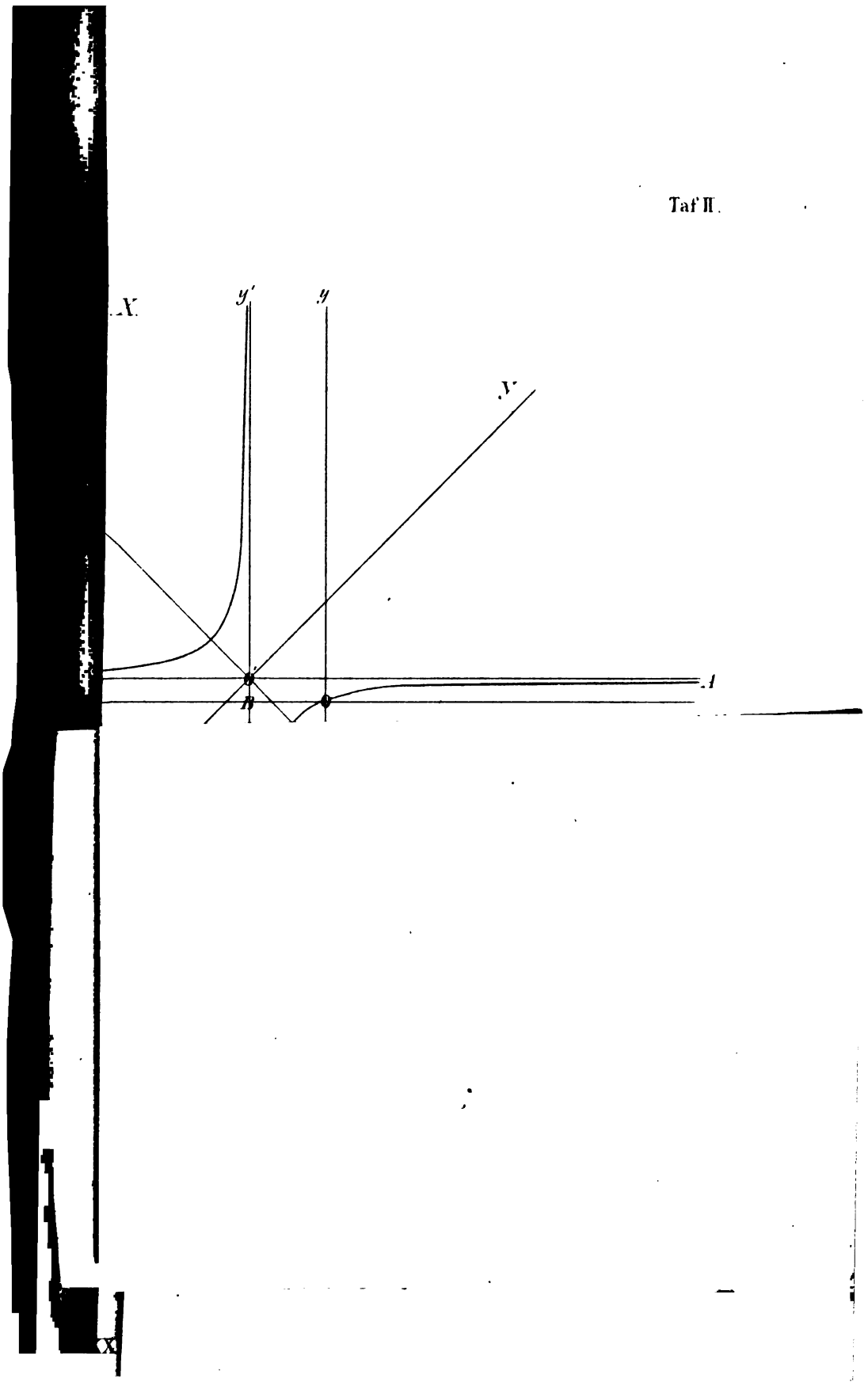
Bezeichnung des Froschschenkels	Nummer der Versuche	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Erfolg
F	III	20	9	Beginn.
			14	Unbest. (schwache Beugung).
			19—29	Beugung bei allen Einstellungen von 5 zu 5.
			34—44	Kampf bei allen Einstellungen von 5 zu 5.
			49—64	Wachsende Streckung bei allen Einstellungen von 5 zu 5.
	IV	20	19	Beginn.
			24	Unbestimmt.
			29	Sehr schwache Beugung.
			34	Kampf.
			39	Schwache Streckung.
			44—99	Wachsende und endlich sehr energische Streckung beim Einstellen von 5 zu 5.
G	I	20	28	Beginn.
			33	Schwache Beugung.
			38	Desgleichen.
			43—63	Wachsende Beugung bei allen Einstellungen von 5 zu 5.
			68	Schwächere Beugung.
			73	Übergang.
			78	Streckung.
			83	Streckung.
	II	20	30	Beginn.
			35—70	Wachsende Beugung bei allen Einstellungen von 5 zu 5, aber alle Beugungen schwächer als in I.
			75	Übergang.
			80	Streckung.

Bezeichnung des Froschschenkels	Nummer der Versuche	Stöpselrheostat	Rheochordschieber auf Ctm.	Erfolg
G	III	20	38	Beginn.
			43—68	Beugung bei allen Einstellungen von 5 zu 5, aber alle noch schwächer als in II.
			73—98	Wachsende und zuletzt starke Streckung beim Einstellen von 5 zu 5.
H	I	20	24	Beginn.
			29	Beugung.
			34—49	Wachsende Beugungen bei allen Einstellungen von 5 zu 5.
			54	Schwächere Beugung.
			59	Kampf.
			64	Streckung.
	II	20	24	Beginn.
			29—44	Wachsende Beugungen bei allen Einstellungen von 5 zu 5.
			49	Schwächere Beugung.
			54	Kampf.
			59	Desgleichen.
			64	Streckung.
	III	20	28	Beginn.
			33—43	Schwache Beugungen bei allen Einstellungen von 5 zu 5.
			48	Übergang.
			53—58	Streckung bei jeder der zwei Einstellungen.
	IV	20	28	Beginn.
			33—48	Schwache Beugungen bei allen Einstellungen von 5 zu 5.
			53	Streckung.
			58—78	Wachsende und zuletzt kräftige Streckung bei allen Einstellungen von 5 zu 5.

Bei einem Durchgehen der eben mitgetheilten Tabelle wird sich sofort als hervortretendes Resultat ergeben, dass die Motoren des Fusses und der Zehen nach vor- und aufwärts, bei schwachen Reizen dagegen die Motoren des Fusses nach rück- und abwärts, bei starken Reizen des gemeinsamen Nervenstammes die Lage der Gliedmasse bestimmen. Im Übrigen unterlasse ich es vorläufig, die in der vorausgegangenen Tabelle enthaltenen Versuche mit weiteren Bemerkungen zu versehen, und werde vorerst in einer bald folgenden zweiten Abtheilung dieser Abhandlung eine Reihe weiterer Versuche mittheilen, und erst dann alle die Folgerungen ziehen, welche sich aus den Versuchen ergeben.

Fig III
g
c
fig VII

Taf II.



XVI. SITZUNG VOM 18. JUNI 1874.

Herr Prof. Dr. Ed. Linnemann in Brünn dankt mit Schreiben vom 15. Juni für den ihm zuerkannten Ig. L. Lieben'schen Preis, und weist, den Bestimmungen des Stiftbriefes gemäss, seine österr. Staatsbürgerschaft nach.

Die Herren A. Winnecke in Strassburg und Alph. Borelly in Marseille danken, mit Schreiben vom 9. und beziehungsweise vom 14. Juni, für die ihnen zuerkannten und übersendeten Kometen-Preise.

Sir Edward Sabine, Generallieutenant und Präsident der Royal Society in London, lässt, da er selbst durch Krankheit zu schreiben verhindert ist, durch Herrn Dr. Scott der Akademie seinen Dank für die Wahl zu ihrem Ehrenmitgliede ausdrücken.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über einige bestimmte Integrale", von Herrn Prof. L. Gegenbauer, d. Z. in Berlin.

„Über neue und ungenügend bekannte Vögel von Neu-Guinea und den Inseln der Geelvinksbai", V. Mittheilung, von Herrn Dr. A. B. Meyer in Wien.

Herr Prof. Dr. Ed. Suess legt zwei Mittheilungen des Herrn Th. Fuchs aus Tarent vor, betitelt: 1. „Das Alter der Tertiärschichten von Malta", und 2. „Über das Auftreten von Miocänschichten vom Charakter der sarmatischen Stufe bei Syrakus".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annales de l'Observatoire de Moscou. Vol. I. Moscou, 1874; 4°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. November und December 1872; Jänner, Februar & März 1873. Zürich; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome L^me^. Nr. 197. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 22. Paris, 1874; 4°.

Edlund, E., Théorie des phénomènes électriques. Leipzig & Stockholm, 1874; 4°.

Erman, A., und H. Petersen, Die Grundlage der Gaussischen Theorie und die Erscheinungen des Erdmagnetismus im Jahre 1829. (Herausgegeben im Auftrage der kais. Admiralität.) Berlin, 1874; 4°.

Feistmantel, Ottokar, Das Kohlenkalkvorkommen bei Rothwaltersdorf in der Grafschaft Glatz und dessen organische Einschlüsse. 8°.

Genocchi, Angelo, Breve riposta, al Signor Conte L. F. Menabrea. 4°.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Tijdschrift voor Indische taal-, land- en volkenkunde. Deel XXI, Aflev. 1. Batavia, 's Hage, 1873; 8°. — Notulen. Deel XI. 1873. Nr. 2. Batavia, 8°. — *Codicum Arabicorum in Bibliotheca Soc. art. et scient., quae Bataviae floret, asservatorum Catalogum inchoatum a Doct. R. Friedrich absolvit indicibusque instruxit L. W. C. van den Berg. Bataviae & Hagae Comitis, 1873; 8°.*

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang. Nr. 24. Wien, 1874; 4°.

Instituut, Koninkl., voor de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch-Indië: Bijdragen. III. Volgreeks. VIII. Deel, 3e & 4e Stuk. 'S Gravenhage, 1874; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 12. Graz, 1873; 4°.

Leitgeb, Hubert, Untersuchungen über die Lebermoose. I. Heft. Jena, 1874; 4°.

Menabrea, L. F., Un' ultima lettera sulle peripezie della serie di Lagrange, in riposta al prof. Angelo Genocchi. Roma, 1874; 4°.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. IV. Band, 2. Heft. Wien, 1874; 4°.

Nature. Nr. 241, Vol. X. London, 1874; 8°.

Nuovo Cimento. Giornale di fisica, fisica matematica, chimica e storia naturale. Serie 2ª. Tomo XI. Gennajo — Aprile 1874. Pisa; 8°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VII, Nr. 5. Torino, 1872; 4°.

Revista de Portugal e Brazil. 2° Volume, Nr. 4. Lisboa, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2e Série. Nr. 50. Paris, 1874; 4°.

Settimanni, C., Supplément à la nouvelle théorie des principaux éléments de la Lune et du Soleil. (Florence 1871.) Florence, 1874; 4°.

Société des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3e Série. 27e Année. 1er Cahier. Paris, 1874; 8°.

Tübingen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1872/3. 4° & 8°.

Verein für Natur- und Heilkunde zu Pressburg: Verhandlungen. N. F. 2. Heft, Jahrgang 1871—1872. Pressburg, 1874; 8°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftliche Veterinärkunde. XLI. Band, 2. Heft. Wien, 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 24. Wien, 1874; 4°.

XVII. SITZUNG VOM 25. JUNI 1874.

Seine Excellenz der Herr k. k. Handels-Minister übersendet, mit Note vom 17. Juni, eine Serie von fünf Kategorien von Preis-Medaillen der Wiener Weltausstellung 1873.

Die Herren Jérôme Coggia in Marseille und Wilhelm Tempel in Mailand danken, mit Schreiben vom 14. und beziehungsweise vom 17. Juni, für die ihnen zuerkannten und übersendeten Kometen-Preise.

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow überreicht eine Abhandlung: „Bahnbestimmung des ersten Kometen vom Jahre 1871“ (II. Abtheilung), von Herrn Dr. Joh. Holetschek.

Derselbe legt ferner das von Herrn Dr. Holetschek berechnete „Dritte Elementensystem des von Coggia in Marseille am 17. April entdeckten Kometen sammt Ephemeride“ vor.

Herr Prof. Dr. Fr. Toula überreicht eine Abhandlung, betitelt: Kohlenkalk- und Zechstein-Fossilien aus dem Hornsund an der Süd-Westküste von Spitzbergen“.

Herr Prof. Dr. A. Schrauf berichtet über seine „Untersuchung eines neuen Minerals, genannt Veszelyit“.

Der Secretär legt eine Probe künstlichen Vanilin's vor, welches im Laboratorium des Herrn Prof. A. W. Hofmann in Berlin aus Sägespänen dargestellt und ihm von diesem zugesendet wurde.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia de Ciencias medicas, fisicas y naturales de la Habana: Anales. Tomo IX, Entrega 106; Tomo X, entrega 107—109. Habana, 1873; 8°.

Academy of Science of St. Louis: Transactions. Vol. III, Nr. 1. St. Louis, 1873; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 18. Wien, 1874; 8°.

Buffalo Society of Natural Sciences: Bulletin. Vol. I. Nrs. 2—3. Buffalo, 1873; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences Tome LXXVIII, Nr. 23. Paris, 1874; 4°.

Connecticut Academy of Arts and Sciences: Transactions. Vol. II, Part 2. New Haven, 1873; 8°.

Fritz, Hermann, Verzeichniss beobachteter Polarlichter. (Auf Kosten der kais. Akademie der Wissenschaften.) Wien, 1873; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, k. böhm.: Sitzungsberichte. 1874, Nr. 2. Prag; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 12. Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö. Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 25. Wien, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrg. 1874, Nr. 10. Wien; 4°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 6. Heft, Wien; 8°.

Nature. Nr. 242, Vol. X. London, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrg. 1874, Nr. 9. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIIe Année, 2e Série, Nr. 51. Paris, 1874; 4°.

Report, Annual, of the Chief Signal-Officer to the Secretary of War for the Year 1872. Washington, 1873; 8°.

Santiago de Chile, Universität: Anales. Años 1871 & 1872. 8°. — Sesiones ordinarias i estraordinarias de la Cámera de Diputados i ordinarias de la de Senadores de 1872. 4°. Estadistica comercial de la República de Chile de 1871. 4°. — Memoria de Marina. 1871; Memorias del Interior, Relaciones Esteriores, Colonizacion, Instruccion Publica i Marina de 1872. 8°. — Apéndice a la Memoria del Interior de 1872. 8°. — Apéndice a la Memoria de Relaciones Esteriores de 1872. 8°. — Lei de presupuestos para 1873. 4°. — Compilacion de leyes i dicretos vijentes en materia de instruccion pública, por M. E. Ballesteros. 1872; 8°. —

Ordenanza de Aduanas de la República de Chile. 1873; 8º. — Colonizacion de Llanquihue, Valdivia i Arauco etc., por José Antonio Varas. 1872; 8º. — Reseña de los trabajos de la Universidad desde 1855 hasta el añno 1872, por don Ignacio Domeyko. 1872; 8º. — Cuenta jeneral de las entradas i gastos de la República de Chile en 1871. 4º. — Tratado de ensayes por el señor dor Ignacio Domeyko. 1873; 8º. — Derecho publico ecclesiastico, por don Rafael Fernandez Concha. Tomo I & II. 1872; gr. 8º. — Los orijenes de la iglesia chilena, por don Crescente Errázuriz. 1873; 8º. — Los precursores de la Independencia de Chile, por don Miguel L. Amunátegui. 1870—1872; 8º. — Anuario estadistico. Tomo XII. 1872; 4º. — Viage al desierto de Atacama, por el doctor don R. A. Philippi. Halle en Sajonia, 1860; 4º.

Sociedad Mexicana de historia natural: La Naturaleza. Entrega 12 & 19—39. Mexico, 1869—1873; 4º.

Verein für Landeskunde von Niederösterreich: Blätter. VII. Jahrgang. 1873, Nr. 1—12. Wien; 8º. — Topographie von Niederösterreich. 5., 6. & 7. Heft. Wien, 1873 & 1874; 4º.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 25. Wien, 1874; 4º.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

7.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

XVIII. SITZUNG VOM 9. JULI 1874.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Untersuchungen über die Gallenfarbstoffe.“ IV. Abhandlung, vom Herrn Prof. R. Maly in Innsbruck.

„Über eine Modification der herrschenden Gastheorie,“ von dem Professor und Capitular zu Seitenstetten, Herrn Karl Puschl.

Herr Prof. Dr. Ed. Suess überreicht eine Abhandlung des Herrn Th. Fuchs über „Die Tertiärbildungen von Tarent.“

Herr Hofrath Dr. E. v. Brücke legt eine Untersuchung „über die Sommer'schen Bewegungen“ vor, welche vom Herrn Dr. H. Storoscheff aus Moskau im physiologischen Institute der Wiener Universität durchgeführt wurde.

Herr Dr. Zöller, Professor an der Hochschule für Bodencultur, spricht „über Ernährung und Stoffbildung der Pilze.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia Olimpica di Vicenza: Atti. 2do Semestre 1873. Vicenza; 8^0^.

Akademie der Wissenschaften und Künste, Südslavische: Rad. Knjiga XXVII. U Zagrebu, 1874; 8^0^.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 19. Wien, 1874; 8^0^.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1996—2000 (Bd. 84. 4—8). Kiel, 1874; 4^0^.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nrs. 24—25. Paris, 1874; 4^0^.

Ellis, Alex. J., Algebra identified with Geometry. London, 1874; 8^0^.

Friedmann, Alexander, Officieller Bericht über das Marinewesen auf der Weltausstellung 1873 Wien. Wien 1874; 8°.

Geological Survey of the Territories, U. St.: Report. (2 Volumes.) Washington, 1873; 4°. — Ist, II^{d} and III^{d} & VIst Annual Reports. For the Years 1867, 1868 and 1869, & 1872. Washington, 1873; 8°. — Miscellaneous Publications. Nrs. 1—2. Washington, 1873; 8°.

Gesellschaft, Deutsche Geologische: Zeitschrift. XXV. Band, 4. Heft. Berlin, 1873; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrg. Nr. 26. Wien, 1874; 4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo III°. Serie IV^{a}, Disp. 4^{a}—6^{a}; Venezia, 1873—74; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band IX, 9. & 10. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Koderle's automatische Sicherheits-Vorrichtungen für die Fahrzeuge der Eisenbahnen. Lindau; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 13. Graz, 1874; 4°.

Loomis, Isaacs, The Epoch of the Beautiful in Knowledge. Nantucked, Mss., 1874; 8°.

Lotos. XXIV. Jahrg. Mai—Juni 1874. Prag; 8°.

Luvini, Giovanni, Di un nuovo strumento meteorologico-geodetico-astronomico, il dieteroscopio. Torino, 1874; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band, 1874, Heft VI. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique du D^{teur} Quesneville. 391e Livraison. Paris, 1874; 4°.

Nature. Nrs. 243—244, Vol. X. London, 1874; 4°.

Puyals de la Bastida, Don Vicente, Ortografia de la lengua Castellana. Madrid, 1874; 12°. — Numeracion perfecta braquiloga é ideografica. Madrid, 1874; 12°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXIV. Band, Jahrgang 1874. Juli-Heft. Wien; 8°.

Revista de la Universidad de Madrid. 2^{a} Época. Tomo III. Nr. 2—4. Madrid, 1874; gr. 8°.

– de Portugal e Brazil. 2° Vol., Nr. 5. Lisboa, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIIe Année, 2e Série, Nr. 52. IVe Année, 2e Série, Nr. 1. Paris, 1874; 4°.

Schiaparelli, G. V., Il periodo undecennale delle variazioni diurne del magnetismo terrestre considerato in relazione colla frequenza delle macchie solari. 4°.

Siragusa, Fr. P. Camillo, Sulle funzioni delle radici delle piante. Palermo, 1874; 8°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1874, disp. 5^a. Palermo, 1874; 4°.

Société mathématique de France: Bulletin. Tome II, Nrs. 1—2. Paris, 1874; 8°.

Society, The Chemical, of London: Journal. Serie 2, Vol. XI. December 1873; Vol. XII. February—April 1874. London; 8°.

Tommasi, Donato, Researches on the Preparation of Organo-Metallic Bodies of the C_nH_{2n} Series. 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nrs. 26—27. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 10. Heft. Wien, 1874; 4°.

Untersuchungen über die Gallenfarbstoffe.

Von **Richard Maly** in Innsbruck.

IV. Abhandlung[1].

(Mit 1 Holzschnitt.)

Als Material zur Gewinnung von Bilirubin benützt man zweckmässig nur Ochsengallensteine, wie ich schon in einer meiner früheren Abhandlungen und wie auch Thudichum (Jour. f. prakt. Chemie 104. 193) angegeben hat. Dies ist aber vielfach noch nicht bekannt, und so kommt es, dass mitunter mit dem sehr unzulänglichen, aus Menschengallensteinen abscheidbaren Material experimentirt wird. So steht auch noch in der dritten Auflage einer neuen zoochemischen Analyse die Angabe, dass die Ochsengallensteine kein Bilirubin enthalten.

Das ist aber unrichtig, denn die Gallenconcretionen des Rindes sind gerade sehr reich daran. Ich habe seit Jahren in grossen Schlachthäusern solche Steine zu acquiriren versucht, und es war mir möglich ein paar Dutzend von circa Nussgrösse zu erlangen. Sie waren alle dem Ansehen nach untereinander gleich, orange- oder kastanienfarbig, aus Schichten bestehend, wie Ocker abfärbend und leicht zu einem orangebraunen Pulver zerreiblich. Immer war ihr Cholesteringehalt ein geringer, und immer habe ich eine sehr reiche Ausbeute an Bilirubin davon bekommen.

Es besteht also eine grosse Verschiedenheit gegenüber den Gallensteinen, wie sie beim Menschen vorkommen, denn bei diesem sind bekanntlich die allermeisten aus Cholesterin bestehend mit wenig anderen Beimengungen. Solche, welche im äusseren und Bilirubingehalt den Ochsengallenstein entsprechen, kommen

---

[1] Sitzungsber. d. Wiener Akademie, Bd. 57 u. 59. Dann Liebig's Annalen Bd. 163.

zwar auch beim Menschen vor, aber enorm selten; es sind jene, die E. Ritter[1] nach seiner Eintheilung in die siebente Classe bringt. Einen Cholesterinstein vom Ochsen habe ich nie zu Gesichte bekommen.

Ganz ähnlich denen vom Rind scheinen die Schweinsgallensteine zusammengesetzt, doch ist von diesen Thieren nicht viel zu bekommen.

Da die Zusammensetzung der Rindsgallensteine nicht bekannt ist, und mir die häufige Verarbeitung derselben gezeigt hat, dass sie ziemlich constant componirt sind, so habe ich eine Analyse derselben mit einer etwas grösseren Menge angestellt.

Gelegentlich sei noch erwähnt, dass im Gegensatze zu den ziemlich häufigen Arbeiten über Menschengallensteine, über die der Thiere sehr wenig vorliegt. Was ich in dieser Beziehung fand, beschränkt sich auf je einen Gallenstein vom Schaf, vom Kameel und vom Schwein und auf qualitative Angaben über einen solchen vom Rind.

In einem Gallenstein vom Schaf fand Landerer[2] 70% Cholesterin durch Alkohol ausziehbar, 20% Gallenschleim, 20% Harz und Farbstoff, 10% Asche.

Einen Gallenstein vom Kameel fand derselbe Autor[3] zum grössten Theile aus Cholesterin bestehend.

Eine modernere Analyse ist von T. L. Phipson[4] vorhanden über einen Schweinegallenstein, worin 8·0 Wasser, 1·35 Cholesterin, 11·5 Schleim, 5·75 gallensaures Natron, 61·36 Bilirubin auf 100 gefunden wurde, neben 13·65 Asche (+ Verlust).

Thudichum[5] fand bei der Untersuchung eines Ochsengallensteines die Hauptmasse aus Pigment bestehend, dann der Menge nach folgend, Gallensäure und ihre Salze, Kalk, Zink und einem in Äther löslichen Stoff.

Das Material zu meiner Analyse war ein grosser, in seiner Masse gleichförmiger Ochsengallenstein, der gepulvert und bei 100° getrocknet wurde.

11·068 Grm. dieses Pulvers wurden mit Wasser wiederholt ausgekocht (wobei sich ein intensiver Moschusgeruch bemerkbar

---

[1] Jour. de l'anatomie et de la physiol. par Robin, Paris 1872. — Jahresbericht für Thierchemie Band II, p. 247.

[2] Pharmazeutisches Centralblatt 1842.

[3] Buchner's Repertorium 2. R. XLII. 60.

[4] Chem. News. XVI. 7.

[5] On the comp. of Gallstones. Quart. Journal. of the Chem. Soc. 1864. Durch Cannstadt's Jahresbericht.

machte, auf ein Filter gebracht und ausgewaschen. Die Auskoch- und Waschwässer vereint dampfte man auf 100 CC. ein.

Die eine Hälfte davon, also 50 CC., gaben im Platintiegel abgedampft, und bei 105° getrocknet, 1·0012 Grm. Rückstand mit 0·1572 Grm. Asche, welche in Wasser löslich war, alkalisch reagirte, und zur Neutralisation 0·100 Grm. krystallisirter Oxalsäure bedurfte. Ausserdem enthielt sie Kochsalz mit wenig Phosphorsäure, Kalk und Magnesia.

Die zweiten 50 CC. des wässerigen Extractes wurden eingeengt, der Rückstand mit Alkohol ausgezogen und mit Äther vermischt. Es schied sich ein farbloses Harz ab, das sich unter Äther in Krystalle von den Eigenschaften des glycocholsauren Natrons verwandelte, die aber nicht gewogen wurden.

Das mit Wasser erschöpfte Gallensteinpulver wurde nach dem Trocknen mit Alkohol-Äther ausgekocht und dann noch 10mal mit kaltem Äther behandelt, bis die letzten Auszüge fast farblos waren. Alle Auszüge wurden nacheinander in demselben Kölbchen abdestillirt; der Rückstand (Äther-Extract) wog 0·5820 Grm., war ein klares, gelbes Fett, zum grössten Theile verseifbar, wobei nur wenige Milligramme Cholesterin zurück blieben. Salzsäure schied fette Säuren ohne Geruch, also von höherer Zusammensetzung, aus der Seife ab.

Das bislang mit Wasser und Äther erschöpfte Gallensteinpulver wurde nun zur Entfernung der unlöslichen Salze und der an Pigment gebundenen Erden mit verdünnter Salzsäure gründlich extrahirt. Der Abdampfrückstand enthielt noch wieder etwas Kochsalz, dann phosphorsaure Erden, Kalk und Magnesia, die nicht an Phosphorsäure gebunden waren, etwas Eisen (kein Kupfer) und eine Spur Zink.

Nach diesen drei Extractionen wog nun das Gallensteinpulver 8·327 Grm., woraus sich folgende Bilanz ergibt:

vom ursprünglichen Pulver	11·0680
ab { Wasserextract	2·0024
ab { Ätherextract	0·5820
bleibt . . .	8·4836
Nach Extraction mit HCl	8·3270
daher von HCl aufgenommen	0·1566.

Nunmehr wurde, nachdem durch die Säure das Bilirubin frei gemacht worden war, die Behandlung des Pulvers mit Chloroform vorgenommen durch 10maliges Auskochen mit diesem Lösungsmittel. Dabei waren die drei letzten Auszüge aber noch immer gelb gefärbt. Das zurückbleibende Pulver war braun oder olivenfarbig. Die vereinigten chloroformigen Auszüge gaben nach dem Abdestilliren und Waschen des Rückstandes mit Weingeist 3·1100 Grm. Bilirubin.

Der erwähnte olivenfarbene Rückstand enthielt noch immer etwas Bilirubinkalk (von dessen Bestimmung abgesehen wurde), dann dunkle, humusartige Stoffe und viel Anorganisches, nämlich 0·0253 in 0·9960 Grm. (dieses Rückstandes).

Aus allen vorhergehenden Zahlen ergibt sich dann folgende Zusammensetzung.

	in 11·0680 Grm.:	in 100 Theilen:
Lösliche Gallenstoffe	2·0024	18·09
Darin Asche	0·3144	
Ätherextract (Fett)	0·5820	5·28
Phosphate und an Bilirubin gebundene Erden	0·1566	1·41
Bilirubin	3·1100	28·10
Rückstand und Verlust	5·2170	47·13.

Da die letzten, dem Pulverrückstand anhängenden Bilirubinreste sich schwer entziehen lassen, und auch ein Theil des Bilirubins, der sich zu Biliverdin umgewandelt hatte, beim Waschen mit Weingeist in diesen überging, so ist der Gehalt von 28% vielleicht auf 30% zu erhöhen.

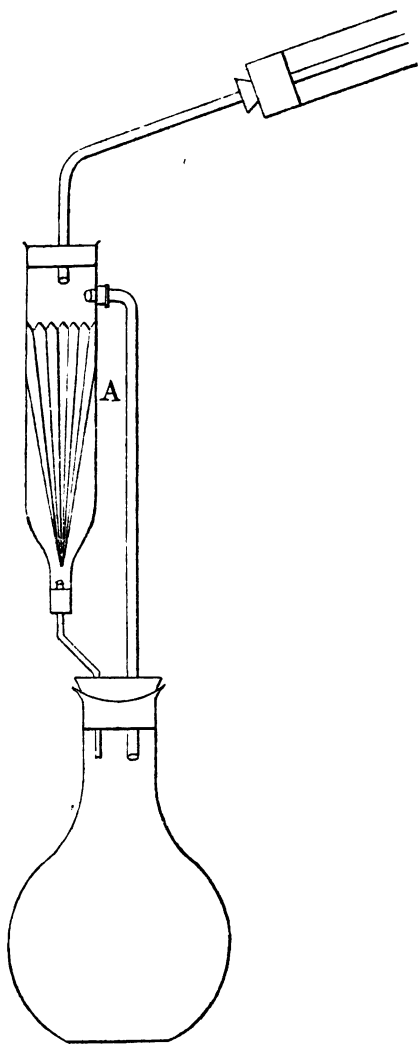
Erinnert man sich, dass das Bilirubin zum grössten Theile als Calciumverbindung in den Concrementen enthalten ist, so bestand der analysirte Stein zu wenigstens einem Drittel aus derselben[1].

Zur Extraction des Gallensteinpulvers benütze ich schon lange einen Apparat, der sehr ähnlich ist jenem, den Zulkowski[2] vor Kurzem beschrieb, und ich kann desshalb keinen beson-

[1] Aus einem anderen in der letzten Zeit analysirten Ochsensteine wurden 45% Bilirubin gewonnen.

[2] Zeitsch. f. analytische Chemie XII. 303.

deren Werth darauf legen, will ihn aber doch durch eine kleine Zeichnung versinnlichen, da er viel leichter construirbar ist. Das cylindrische Gefäss *A* ist nämlich als Bestandtheil der kleinen, mit schlangenförmigem Kühlrohr versehenen Kühlapparate überall käuflich. Ein zweiter Vortheil, den eine solche Construction bietet, ist der, dass man die zu extrahirende Substanz in einem Faltenfilter in den Cylinder bringen, und so mit der Extraction zugleich Filtration verbinden kann. Das ist namentlich dann nützlich, wenn man quantitativ extrahiren will; bei der gewöhnlichen Art des Verschlusses mit einem Baumwollpfropf mengt sich das zu extrahirende Pulver in die Baumwolle, und ist davon nicht mehr gut zu trennen.



Zur weiteren Kenntniss des Biliverdins.

Die Zusammensetzung eines Körpers ist der erste Schritt in seiner Erkenntniss; es schien mir deshalb wichtiger, hier Endgiltiges zu schaffen, statt neue problematische Existenzen, woran diese Körperreihe schon reich ist.

Das Biliverdin ist bisher von mir[1] und von Thudichum[2] analysirt worden. Städeler[3], dessen Arbeit keine Analyse von Biliverdin enthält, hat vermuthungsweise auf Grund einer älteren Analyse von Heintz die Zusammensetzung $C_{16}H_{20}N_2O_5$ aufgestellt, eine Formel, die da und dort aufgenommen wurde.

Meine Analysen, die in der citirten zweiten Abhandlung mitgetheilt wurden, und sich auf aus reinstem Bilirubin dargestelltes Biliverdin beziehen, stimmten hingegen zu $C_{16}H_{18}N_2O_4$, und zwar ganz genau im C- und H-Gehalte, während sich im N-Gehalte ein Deficit von 0·5% zeigte. Diese N-Bestimmungen waren nach der Will-Varrentrapp'schen Methode ausgeführt worden.

Die Differenz zwischen meiner Formel und der von Städeler supponirten bezieht sich nur darauf, ob neben einem Atom Sauerstoff auch noch die Elemente eines Wassermoleküles aufgenommen werden oder nicht.

Mittlerweile sind auch von Thudichum l. c. Analysen von Biliverdin in seinen Untersuchungen über die Gallenfarbstoffe publicirt worden, und obwohl diese namentlich im Kohlenstoffgehalte nur sehr mittelmässig zu meinen Analysen stimmen, so hat doch Thudichum dieselbe Zusammenstellung wie ich daraus abgeleitet, mit dem Unterschiede, dass sie Thudichum nur halb so gross — $C_8H_9NO_2$ — schreibt[4].

Das vorhandene thatsächliche Material stellt sich demnach folgendermassen:

---

[1] L. c.

[2] Journ. f. prakt. Chem. Band 104. 1868.

[3] Annalen d. Chemie 1864.

[4] Thudichum schreibt die Bildungsgleichung des Biliverdins aus Bilirubin folgender Art:

$$C_9H_9NO_2 + O_2 = C_8H_9NO_2 + CO_2,$$

lässt also Kohlensäure nebenbei entstehen. Abgesehen, dass Thudichum's Bilirubinformel die diesmal übereinstimmenden Analysen von Städeler und mir gegen sich hat, müsste nach dieser Gleichung das Biliverdin (wegen der CO_2-Abspaltung) weniger wiegen, als das Bilirubin, aus dem es entsteht.

$C_{16}H_{18}N_2O_4$ = Bilirubin $+O$ verlangt	Meine früheren Analysen gaben I	II	Thudichum fand l. c. I	II	III	Städeler's Formel $C_{16}H_{20}N_2O_5$ = Bilirubin $+H_2O+O$ will
C 63·58	63·74		63·08	62·09	62·14	C 60·00
H 5·96	5·97	6·05	6·25	6·12	6·00	H 6·25
N 9·26	N	8·77 u. 8·74	N	9·32 u. 9·36		N 8·75
O 21·19						O 25·00.

Zur endgiltigen Feststellung der Biliverdinzusammensetzung musste demnach ein aus möglichst reinem Bilirubin dargestelltes Präparat noch einmal verbrannt werden. Aber auch noch ein zweiter Weg, ein synthetischer, war in Aussicht, über die Zweifel hinwegzukommen. Dieser Weg war dann möglich einzuschlagen, wenn die Biliverdinbildung aus Bilirubin eine vollständig glatte, ohne Nebenproducte verlaufende ist. Wenn Biliverdin = Bilirubin $+O$, dann werden 100 Theile Bilirubin 105·6 Theile Biliverdin geben müssen, während, wenn Biliverdin = Bilirubin $+H_2O+O$, werden aus 111·9 Theile Biliverdin entstehen müssen.

Beide Wege habe ich eingeschlagen, und beide haben zu übereinstimmenden Ergebnissen geführt.

Analyse. Zur Darstellung von Biliverdin wurde wie sonst üblich verfahren, nämlich ein analysirtes[1] Bilirubin mit verdünnter Sodalösung übergossen und einige Tage lang, während welcher Zeit gelegentlich Sauerstoff durchgeleitet wurde, stehen gelassen, bis die Ergrünung keine weitere Änderung erfuhr. Die auf

[1] Zwei verschiedene Proben gaben C 67·52; H 6·29 u. C 66·95; H 6·29, während die Rechnung verlangt:

C 67·13
H 6·29.

Nur mit Alkohol getälltes Bilirubin ist rein.

Salzsäurezusatz entstandene reiche Fällung wurde zum Verschwinden der Chlorreaction gewaschen, getrocknet, in stärksten Alkohol aufgenommen, filtrirt und mit Wasser ausgefällt. Dieses Biliverdin ist aschefrei, seine Reinheit ist abhängig von der des angewandten Bilirubins.

Da sich bei meinen früheren Analysen eine Differenz nur im N gezeigt hat, der als NH_3 bestimmt worden war, mittlerweile aber von mehreren Seiten, so von Ritthausen und Kreusler[1] und namentlich von Nowak[2] constatirt wurde, dass gewisse Körper nur durch Glühen mit Kupferoxyd ihren ganzen Stickstoff ausgeben, so wurde diesmal der N nach Dumas' Methode bestimmt.

1. 0·2785 Grm. Biliverdin, bei 100° getrocknet, gaben 0·6516 Grm. $C\Theta_2$ und 0·1452 Grm. $H_2\Theta$.
2. 0·3693 Grm. eines anderen Präparates gaben 31·5 CC. feuchten N bei 15° C. und 27·35 Par. Zoll.

	Gefunden.		Berechnet $C_{16}H_{18}N_2\Theta_4$
C ...	63·82		63·58
H ...	5·80		5·96
N ...		9·35	9·26.

Die geänderte N-Bestimmung hat also auch beim Biliverdin den kleinen Ausfall an N verschwinden machen, und da nun die Übereinstimmung in Bezug auf die verschiedenen Präparate, die Thudichum's und meinen Analysen zu Grunde liegen, eine ganz vollständige ist, so darf die Zusammensetzung dieses Körpers als definitiv festgesetzt betrachtet werden.

Das Interesse, das sich an die in der Folge zu beschreibenden Versuche knüpft, ist noch das, das gleiche Resultat auch auf einem anderen Wege zu finden. Schon vor längerer Zeit habe ich ein neuerdings wieder von Heynsius und Campbell[3] als brauchbar empfohlenes Reagens angegeben, das scheinbar recht glatt das Bilirubin zu Biliverdin unter Mithilfe des Luftsauerstoffs überzuführen vermag. Man schliesst zu diesem

[1] Jour. f. prakt. Chem. 1871 p. 307.
[2] Sitzungsber. d. Wiener Akad. 64. II. Abth.
[3] Archiv d. gesammten Physiologie IV. 497.

Zwecke Bilirubin mit einem Gemisch von Chloroform und Eisessig so in Röhren ein, dass noch ein gehöriger Luftraum bleibt, und erhitzt etliche Stunden auf 100°. Man hat dann eine feurig dunkelgrüne Lösung, kann aber daraus das Biliverdin nicht gut mit Wasser ausfällen.

Eine Säure, die principiell ähnlich wirkt, aber schon bei gewöhnlicher oder doch niedriger Temperatur und ohne Chloroform, ist die Monochloressigsäure. Man verflüssigt etwas davon in einem Becherglase (Schm. 62°), trägt das gepulverte Bilirubin ein und lässt unter zeitweiligen Digeriren in der Wärme stehen. Nach ein paar Tagen ist das Ganze dunkelgrün geworden und Wasserzusatz gibt einen reichen Biliverdinniederschlag, während die darüber stehende, die Monochloressigsäure enthaltende wässrige Flüssigkeit nur sehr kleine Mengen Pigment enthält. Auch hiebei ist es Luftsauerstoff, der vom Bilirubin aufgenommen wird. Es wurde ein kleines, w-förmiges Glasrohr so beschickt, dass in die erstere untere Biegung Bilirubin, in die zweite Monochloressigsäure gebracht und das Rohr durch einen mehrere Stunden dauernden Gasstrom vollständig mit $C\Theta_2$ erfüllt wurde. Das Rohr schmolz man dann mit der Vorsicht, dass alle Luft ausgeschlossen blieb, an beiden Seiten zu, vereinigte durch Neigen die Substanzen und verflüssigte sie durch Erwärmen. Die Masse blieb trotz öfterer Erwärmung braun und ergrünte nicht.

Vor guter Weile habe ich auf die oben bezeichnete Weise mit Monochloressigsäure Biliverdin dargestellt, und um zu sehen, ob nicht bemerkbare Mengen (farbloser) Nebenproducte in der wässerigen Säure gelöst blieben, das dazu verwendete Bilirubin und das dabei erhaltene Biliverdin gewogen. Es resultirten:

1. aus 0·7566 Grm. Bilirubin 0·7528 Grm. Biliverdin
2. „ 0·4863 „ „ 0·4767 „ „

Dass ein zweiter Körper in bemerkenswerther Menge dabei nicht entsteht, konnte man aus diesen Wägungen wohl ersehen. Ich habe nun aber neuerdings versucht, diesem Versuche eine solche Genauigkeit zu geben, dass er zur Verification der Biliverdinformel noch zu verwerthen wäre, d. h. dass man die Gewichtszunahme (respective Abnahme) bestimmte, die das Bilirubin bei seiner Umwandlung in Biliverdin erleidet. Es war dazu

nöthig, die kleine Menge Farbstoff mit zu bestimmen, die sich der Fällung mit Wasser entzog und in das Filtrat überging.

Da ich mich jedoch von der Reinheit des Biliverdins, das unter Mithilfe von Monochloressigsäure entsteht, nicht direct durch die Analyse überzeugt hatte, und die von mir sowohl als von Thudichum analysirten Präparate auf die gewöhnliche Weise durch Einwirkung verdünnter Laugen bei Luftzutritt dargestellt worden waren, so habe ich den Versuch in folgender Weise dargestellt.

Bilirubin wurde in sehr verdünnter Sodalösung gelöst, unter gelegentlichem Einleiten von Sauerstoff einige Tage stehen gelassen, mit HCl das Biliverdin gefällt, am getrockneten und gewogenen Filter gesammelt und bis zum Verschwinden der Chlorreaction gewaschen. Es wurde dann bei 110° getrocknet und gewogen. Das grüngelbe Filtrat dampfte man ein und bestimmte darin den Gehalt an organischer Substanz durch schwaches Glühen des bei 125° getrockneten Rückstandes. Die Waschwässer, welche in dickerer Schichte auch eine Spur grüngelber Färbung zeigten, wurden colorimetrisch nach dem ersten Filtrate geschätzt. Dabei erhielt man:

Angewandtes Bilirubin (110° getrocknet) . . .	0·4558 Grm.
Abfiltrirtes Biliverdin (110° getrocknet)	0·4458 „
Organische Substanz im Filtrate	0·0223 „
Gesammtes Biliverdin . . .	0·4681 Grm.

Daher Gewichtszunahme 0·0123 Grm. oder 2·0 pro 100. Setzt man noch in Rechnung den kleinen Gehalt der späteren Waschwässer an Farbstoff, welcher nach dem Augenmasse zu $^1/_3$ von dem des Filtrates geschätzt wurde, also circa 7·4 Mgrm. betragen konnte, so ergibt sich eine Zunahme von 0·0197 Grm. oder 4·3%, d. h. 100 Theile Bilirubin geben 104·3 Theile Biliverdin. Die Rechnung verlangt für die analytisch gefundene Formel 105·6 Theile Biliverdin, was also so genau stimmt, als unter solchen Verhältnitnissen verlangt werden kann.

Würde neben O auch noch H_2O bei der Biliverdinbindung aufgenommen, wie Städeler glaubte, so müsste die Zunahme das Doppelte, nämlich 11·9% betragen; würde, wie Thu-

dichum will, Kohlensäure nebenbei abgespalten werden, so würde umgekehrt ein Minus von Biliverdin auftreten müssen.

Ein zweiter Versuch, dessen Details ich nicht weiter anzuführen brauche, ergab ein ähnliches Resultat, nur war die Gewichtszunahme noch etwas kleiner, also von Städeler's Formel noch weiter entfernt.

Jedenfalls stimmen also Analyse und Gewichtszunahme zusammen, und beide führen zu der Biliverdinformel $C_{16}H_{18}N_2O_4$, welche von der des Bilirubins durch einen Mehrgehalt von O sich unterscheidet.

Innsbruck, Juni 1874.

XIX. SITZUNG VOM 16. JULI 1874.

Der Secretär theilt die aus Upsala eingelangte Nachricht von dem am 21. Juni daselbst erfolgten Ableben des Professors Dr. Anders Jonas Ångström mit.

Das k. & k. Ministerium des Äussern übermittelt ein Dankschreiben des Geschäftsträgers von Griechenland am österr. Hofe für die der National-Bibliothek zu Athen übersendeten akademischen Druckschriften.

Herr Dr. Ad. B. Meyer übersendet eine sechste Mittheilung: „Über neue und ungenügend bekannte Vögel von Neu-Guinea und den Inseln der Geelvinksbai."

Herr Dr. Fitzinger legt die II. Abtheilung seiner Abhandung vor, betitelt: Kritische Untersuchungen über die Arten der natürlichen Familie der Hirsche *(Cervi)*."

Herr Hofrath Dr. E. v. Brücke überreicht eine im physiologischen Institute der Wiener Universität durchgeführte Arbeit des Herrn Dr. Nicolaus Strawiński aus St. Petersburg: „Über den Bau der Nabelgefässe und über ihren Verschluss nach der Geburt.

Herr Prof. Dr. Zöller spricht „über die Zusammensetzung fossiler Eier und verschiedener im Guano gefundener Concretionen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften zu Krakau: Die zwei ersten öffentlichen Sitzungen. Krakau, 1873; 4°. (Polnisch.)

American Chemist. Vol. IV, Nr. 12. Philadelphia, 1874; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1874; 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome L. Nr. 198. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXVIII, Nr. 26. Paris, 1874; 4°.

Ellero, Pietro, La questione sociale. Bologna, 1874; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, k. böhm., zu Prag: Sitzungsberichte. 1874. Nr. 3. Prag; 8°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. IX. Jahrgang. 1. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 13, Wien, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 28. Wien, 1874; 4°.

Institut, Königl. Preuss. geodätisches: Astronomisch-geodätische Arbeiten in den Jahren 1872, 1869 und 1867. Leipzig, 1874; 4°. — General-Bericht über die Europäische Gradmessung für das Jahr 1873. Berlin, 1874; 4°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 14. Graz, 1874; 4°.

Memorial des Ingenieros. Año de 1873; Tomo XXVIII. Madrid 8°.

Nature. Nr. 245, Vol. X. London, 1874; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VIII, Nr. 11. Torino, 1873; 4°.

— R., di Brera in Milano: Pubblicazioni. Nr. II. Milano & Napoli, 1873; 4°.

Protocoll über die Verhandlungen der 50. General-Versammlung der Actionäre der a. pr. Kaiser Ferdinands-Nordbahn. Wien, 1874; 4°.

Revista de Portugal e Brazil. 2° Vol. Nr. 6. Lisboa, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IVe Année, 2e Série. Nr. 2. Paris, 1874; 4°.

Société des Sciences de Nancy. (Ancienne Société des Sciences naturelles de Strasbourg, fondée en 1828): Statuts. 8°.

Society, The Zoological, of Philadelphia: The 2^d Annual Report of the Board of Managers. Philadelphia, 1874; 8°.

Wiener Medizinische Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 28. Wien, 1874; 4°.

Über den Bau der Nabelgefässe und über ihren Verschluss nach der Geburt.

Von Dr. **Nicolaus Strawiński** (aus Petersburg).

(Aus dem physiologischen Institute der Wiener Universität.)

(Mit 3 Tafeln.)

Die Nabelarterien.

Es ist bekannt, dass die Nabelarterien kurze Zeit nach der Geburt aufhören zu pulsiren, auch wenn sie noch mit der Placenta in Verbindung sind und diese sich noch im Mutterleibe befindet. Es ist ferner bekannt, dass in vielen Fällen die Nabelschnur durchschnitten wurde, ohne dass sie vorher unterbunden worden wäre, und dass nichts desto weniger in der Regel keine Blutung eintrat. Es ist nicht möglich, diese Thatsachen aus einer Ablenkung des Blutstromes von den Nabelarterien zu erklären: es muss irgendwo in denselben ein Verschluss gebildet werden, und ich habe mir die Aufgabe gestellt, die Art und Weise und den Ort dieses Verschlusses näher kennen zu lernen.

Zu diesem Zwecke war es nöthig, auch den anatomischen Bau der Nabelarterien von Neuem zu untersuchen, und ich will diese Untersuchung und die Resultate derselben voranschicken.

Wenn man die Nabelarterie mit anderen Arterien des neugeborenen Kindes vergleicht, so zeichnet sie sich vor denselben schon für das blosse Auge und für den Griff des Fingers durch die Dicke ihrer Wand aus. Dieselbe nimmt im Allgemeinen gegen den Nabel hin zu, sowohl im intraabdominalen Theile als auch in demjenigen, welcher im Nabelstrange liegt. Die dickste Stelle finde ich unmittelbar nach innen vom Nabel. Auch die Hypogastrica zeigt noch eine stärkere Wand als die übrigen Arterien des neugeborenen Kindes.

Es ist bekannt, dass die innere Oberfläche der Arterien im Allgemeinen gleichförmig glatt und eben ist, abgesehen von

den Längsfalten, in welche die Intima durch starke Contraction der Media gelegt wird. Anders verhält es sich bei den Nabelarterien. Hier ist die Oberfläche nie in grosser Ausdehnung eben und gleichförmig. An einigen Stellen sieht man feine Streifchen mehr oder minder regelmässig gelagert; sie verlaufen der Länge nach oder schief, stossen manchmal unter einem Winkel aneinander und nehmen den ganzen Umfang des Gefässes oder einen Theil desselben ein.

An anderen Stellen ist die innere Oberfläche wie besäet mit unregelmässigen Erhabenheiten von verschiedener Grösse. Auch einzelne grössere Erhabenheiten, die wie Polster in das Lumen hineinragen, kommen vor. Ihr längster Durchmesser steht ausnahmslos in der Richtung der Längsachse der Arterie. Diese Polster sind jedoch nur ausnahmsweise vorhanden. Am häufigsten begegnet man ihnen in der Gegend des Nabels, theils nach aussen, theils nach innen von demselben.

Unebenheiten der einen oder der anderen findet man auf der inneren Oberfläche jeder Nabelarterie, stellenweise zeigt sich dieselbe aber auch eben und glatt.

Weder die grossen noch die kleinen Erhabenheiten beruhen auf Faltenbildung, denn sie schwinden nicht, wenn die Gefässwand nach der Quere ausgedehnt wird. Dasselbe lehrt auch die mikroskopische Untersuchung. Falten der Gefässwand kommen im Verlaufe des Nabelstranges häufig vor; an dem Intraabdominalstücke bin ich ihnen nicht begegnet, wohl aber bisweilen Erweiterungen, Ausdehnungen der Gefässwand, die sich theils auf die ganze Circumferenz, manchmal aber auch nur auf einen Theil derselben erstrecken. Viel ungleicher noch ist das Lumen während des Umlaufs im Nabelstrange. Es wechselt fortwährend und beschränkte Erweiterungen, namentlich partielle, solche, welche nur auf einen Theil des Gefässumfanges sich erstrecken, kommen hier noch häufiger vor als am intraabdominalen Theile. Sie haben meistens die Grösse einer halben Erbse, schwanken aber von der Grösse eines Hirsekorns bis zu einem Längsdurchmesser von fast zwei Centimeter. Der Querdurchmesser ist kleiner, denn sie sind nicht rund, sondern oval und mehr oder weniger abgeplattet. Der Längsdurchmesser liegt in der Längsachse des Gefässes. Die Blutgerinsel, welche

vorzüglich die partiellen Erweiterungen erfüllen, geben den letzteren, da die Gefässwand hier sehr verdünnt ist, eine schwärzliche Farbe. Solchen Erweiterungen begegnet man an jeder Nabelstrangarterie. (Sie sind schon von den älteren Autoren makroskopisch beschrieben, z. B.: Harvecius — *De Umbilico* — pg. 375, Hobokenus — *Anatomiae secundinae humanae* parag. 10, pg. 33, Rouhault — *Du cordon ombilical* — Histoire de l'Acad. roy. 1714 pg. 312 und noch von den Anderen.) Die grösseren kommen namentlich an Stellen starker Krümmungen und Windungen vor; kleine partielle Erweiterung auch an Stellen, wo der Verlauf mehr gerade ist.

Die echten Falten, Duplicaturen der Wand, an welchen alle Schichten derselben Antheil nehmen, und welche sich im Verlaufe der Krümmungen des Nabelstranges oft bilden, haben meiner Ansicht nach nichts gemein mit Klappen, weder in Rücksicht auf ihren Bau noch in ihrer physiologischen Bedeutung, wie einige Schriftsteller gemeint haben. Doch können sie vielleicht, indem sie bei stärkerer Anfüllung der Arterien stärker gegen die übrige Wand vorspringen, den Widerstand für das vordringende Blut vermehren.

Die Arterienwand ist im Nabelstrange weicher, lockerer und blässer, im Intraabdominalende compacter und von gelb-röthlicher Farbe.

An erst vor kurzer Zeit verstorbenen Kindern findet man die Nabelarterien stark zusammengezogen; abgesehen von den Erweiterungsstellen und von dem der *Arteria hypogastrica* zunächst liegenden Theile ist oft kaum etwas von dem Lumen übrig geblieben. Man kann nur schwierig mit einer feinen Sonde eindringen, noch schwieriger mit der stumpfen Branche einer feinen Scheere, welche man zum Spalten des Gefässes anwendet. Die Wand der gespaltenen Arterie zeigt sich auf dem Querschnitte von sehr ungleicher Dicke, am dünnsten in den Erweiterungen. Bekommt man die Leiche erst nach ein paar Tagen zur Untersuchung, so sind die Arterien relaxirt, und alle diese Schwierigkeiten existiren nicht. Die Nabelarterien sind vor allen anderen dazu geeignet, die alte Tiedemann'sche Beobachtung zu bewahrheiten, dass die Schlagadern einige Zeit nach dem Tode stärker zusammengezogen sind als später.

Ich habe mehrmals bald nach dem Tode Wasser in die Nabelstranggefässe zu injiciren gesucht; durch die Arterien aber drang es nicht vor, während die Injection in die Vene keine Schwierigkeiten hatte.

Der Beschreibung des mikroskopischen Befundes muss ich einige Worte über die Methode der Untersuchung vorausschicken.

Die herauspräparirten Gefässe wurden, soweit ich sie vollständig erhalten konnte, der ganzen Länge nach von der Aorta bis zur Placenta mit einer feinen Scheere aufgeschlitzt und auf gewöhnlichem weissem Löschpapier ausgebreitet, worauf sie sich leicht und gut anlegen und fest darauf haften. Mit diesem werden sie in ein flaches Gefäss gelegt und mit 96% Spiritus übergossen. Ich habe diese Präparation in der Regel erst vorgenommen, wenn die Arterien wieder erschlafft wurden, weil sie sich dann leichter herauspräpariren, spalten und ausbreiten lassen, als im ganz frischen Zustande. Nachdem die Gefässe genügend hart geworden, wurden kleine Stückchen, die sich nun leicht vom Papier lösten, in Paraffin eingebettet und mit einem mit Spiritus benetzten Messer geschnitten. Die Schnitte wurden in Wasser abgespült, vom Paraffin getrennt und mit Carmin auf die gewöhnliche Weise gefärbt. Nachdem dieses geschehen war, wurden sie in Wasser abgespült und einer zweiten Färbung in sehr schwacher weingeistiger Pikrinlösung unterzogen. Hierauf wurden sie in verharztem Terpentinöl behufs der Untersuchung durchsichtig gemacht. Zum Aufbewahren bestimmte Schnitte wurden in Damarlack übertragen und eingeschlossen. Die gerade Ausbreitung der Arterien auf Löschpapier ist wesentlich für den Erfolg der Untersuchung, weil es uns so gelingt, reine Längs- und Querschnitte zu machen, was sonst durch den gewundenen Verlauf der Gefässe vereitelt wird. Um die Verhältnisse der Nabelgefässe zu einander und zum Nabelstrange kennen zu lernen, habe ich auch Nabel und Nabelstränge mit injicirten Gefässen in Spiritus gehärtet. Als Injectionsmasse habe ich Wachs benützt. Als Einbettungsmittel wählte ich dann eine Masse, welche bei niedrigerer Temperatur schmolz als die Injectionsmasse, und zwar eine Mischung von Wachs und Oel. Alle Einbettungen wurden bei so niedriger Temperatur als möglich vorgenommen,

was unumgänglich nothwendig ist, um der Schrumpfung der Präparate vorzubeugen. Die letzteren wurden desshalb erst in die Einbettungsmasse eingesenkt, wenn diese sich der Erstarrungstemperatur näherte. Aus demselben Grunde habe ich die Schnitte, wenn sie aus der wässrigen Lösung in Alkohol gebracht werden sollten, erst in schwächeren Weingeist übertragen, dann in stärkeren.

Meine Untersuchungen wurden angestellt an Präparaten, welche theils von mit 7 oder 8 Monaten geborenen Kindern herrührten, theils von ausgetragenen Kindern, welche zum Theil einige Tage gelebt hatten, grösstentheils aber unter der Geburt zu Grunde gegangen waren.

Ich will den Anfang machen mit der Arterienwand, wie man sie in der Mitte des Nabelstranges findet. Hier erstrecken sich die glatten Muskelfasern über die ganze Breite der Gefässwand von dem *Endothelium* bis zur *Adventitia*; sie sind im Verhältniss zu denen der anderen Arterien ungewöhnlich gross, und übertreffen nicht nur die der Aorta, sondern auch die der Schlagadern mittleren Calibers um ein bedeutendes. Ich habe Querschnitte bis zu 0,008 Mm., in einzelnen Fällen sogar zu 0,01 Mm. im grössten Durchmesser gemessen; die Kerne massen 0,003 bis 0,004 Mm. im Durchmesser. Die Anordnung der Muskelfasern ist ungemein verschieden; sie liegen theils so dicht gedrängt, dass sie sich vielkantig gegen einander abplatten, theils lockerer und durch eine, wie es scheint, bindegewebige Zwischensubstanz von einander getrennt. An elastischen Elementen ist die Wand der Nabelarterien verhältnissmässig arm; dieselben treten zu Tage, wenn man wasserfeuchte Schnitte mit Weinsäure-Lösung behandelt, indem dann Muskelfasern und Bindegewebe aufquellen und durchsichtig gemacht werden. Die Armuth an elastischen Fasern zeigt sich sowohl in der Media als in der Intima, ja man kann sagen, dass die eigentliche elastische Intima, welche allen übrigen Arterien zukommt, der Nabelarterie geradezu fehlt, indem ich die Muskelfasern bis hart unter das Endothel habe verfolgen können. Den auf Querschnitten anderer Arterien sehr deutlichen stark lichtbrechenden Streifen, welcher zwischen den Muskelfasern und dem Endothel

Ich habe mehrmals bald
belstranggefässe zu in
drang es nicht
Schwierigk

Der
einige

st

[illegible] der elastischen Intima repräsentirt, [illegible] der Nabelarterie im Verlaufe des grössten Theiles [illegible] gänzlich vermisst.

Die ersten Spuren einer elastischen Intima zeigen sich einige Centimeter vom Nabelringe in der Gestalt von elastischen Fasern, welche unmittelbar unter dem Endothelium liegen und sich mittelst Weinsäure gut sichtbar machen lassen; aber erst im intraabdominalen Theile entwickelt sich die elastische Intima als selbstständige Schicht und nimmt gegen die Iliaca hin an Dicke und Festigkeit zu.

Die Dicke der contractilen Faserzellen nimmt im Allgemeinen gegen die innere Oberfläche hin ab, doch gibt es auch davon Ausnahmen, siehe Fig. 2 *a*. Was an der Nabelarterie nächst der Armuth an elastischen Elementen am allermeisten auffällt, ist die ausserordentliche Unregelmässigkeit ihrer Schichtung, der stäte Wechsel in der Anordnung und Richtung der Muskelfasern. Eines der gewöhnlichsten Bilder, welche mikroskopische Längsschnitte darbieten, ist in Fig. 1 dargestellt. Hier sieht man in *a* die innere Partie der Gefässwand mit längsverlaufenden Elementen, in *b* die äussere Partie mit ringförmigen Elementen, in *c* die Adventitia. Aber schon an diesem Bilde sieht man, dass selbst auf dem engen Raume die Structur nicht gleichmässig ist, indem in dem unteren Theile des Schnittes die Ringsmuskelfasern viel weniger weit gegen das Innere vordringen als im oberen Theile des Schnittes.

Von dem hier gezeichneten Schema giebt es nun alle möglichen Abweichungen, deren Extreme dahin auseinandergehen, dass einmal in der ganzen Dicke der Wand nur Ringmuskelfasern sind (Fig. 2), das andere Mal nur Längsmuskelfasern (siehe Fig. 3).

Namentlich dieses letztere Extrem findet sich nur selten und in geringer Ausdehnung und hängt wahrscheinlich mit den Windungen des Gefässes und hobeltourartig verlaufenden Fasern zusammen. Die Abweichungen beschränken sich aber nicht nur auf das Vorherrschen der Ringfasern oder Längsfasern, sondern auch auf die Anordnung im Einzelnen, indem bald Längsfasern und Ringsfasern ziemlich gesondert, die einen nach innen, die

anderen nach aussen liegen, während sie ein anderes Mal mehrfach mit einander verflochten sind. Ja es kommt selbst vor, dass die Ringfasern vorzugsweise nach innen, die Längsfasern vorzugsweise nach aussen liegen.

Die Adventitia ist im mittleren Theile des Nabelstranges immer scharf von der eigentlichen Arterienwand abgegrenzt, eben so im ganzen Verlaufe des Nabelstranges gegen die Placenta hin. Wenn man sich aber dem Nabel nähert, so wird diese Grenze undeutlicher und diese Undeutlichkeit nimmt gegen den intraabdominalen Theil hin noch mehr zu. Dieser letztere verdient überhaupt im Kurzen gesondert beschrieben zu werden. Man bemerkt hier zunächst in der Adventitia einen grossen Reichthum an *vasa vasorum*, welche man manchmal, auch ohne dass sie injicirt worden wären, in die äusseren Schichten der Media eindringen sieht, während andererseits die Muskelfasern sich nicht auf die Media beschränken, sondern theils einzeln, theils zu ganzen Bündeln in der bindegewebigen Adventitia gefunden wurden. Im Allgemeinen ist die Gesammtlage von Muskelfasern hier anfangs mächtiger als im Nabelstrange, nimmt aber gegen die Hypogastrica hin rasch ab. Ich gebe im Folgenden die Durchmesser, wie sie an verschiedenen Schnitten der Nabelarterie gemessen wurden: es sind Mittel aus einer grösseren Reihe der Messungen.

In der Nähe der Placenta	0·2 Mm.
„ „ Mitte des Nabelstranges	0.3 „
„ „ Nähe des Nabels	0·4 „
Im Nabelringe	0·4 „
Nach innen vom Nabelring	0·6 „
In der Nähe der Hypogastrica	0·2 „

Zum Vergleiche füge ich die Durchmesser der Muscularis einiger anderer Arterien bei, wie sie an neugeborenen Kindern gefunden wurde, gleichfalls gemessen an Durchschnitten, die wie die Nabelarterie behandelt worden waren.

Aorta abdominalis	0·2 Mm.
Carotia	0·2 „
Iliaca externa	0·09 „
Hypogastrica	0·1 „

Cruralis (oben am Schenkel) . . . . . 0·1 Mm.
Brachialis . . . . . 0·07 „
Cubitalis . . . . . 0·06 „

Der intraabdominale Theil ist viel reicher an elastischen Elementen als die übrige Nabelarterie. Dieselben treten schon ohne Behandlung mit Weinsäure hervor und zeigen sich nach derselben als reiche Netze, sowohl im Bindegewebe der Adventitia, als auch zwischen den Muskelfasern der eigentlichen Arterienwand. Wir haben schon früher gesehen, dass sie sich hier auch an der inneren Oberfläche des Muskellagers zu einer elastischen Intima ansammeln.

Das bis jetzt Angegebene bezieht sich auf den mikroskopischen Bau an der normalen Gefässwand. [1] Im Folgenden will ich gewisse, oben schon erwähnte Abweichungen in Rücksicht auf den mikroskopischen Befund besprechen. An den einfach verdickten Stellen der Gefässwand bleibt die Structur dieselbe und die Dickenzunahme hängt von der Vermehrung der Muskelfasern ab. Dasselbe lässt sich sagen über die verdünnten Stellen. Die Zahl der Muskelfasern nimmt ab, und diese verlaufen dann meist in einer Richtung, nämlich als Ringsfasern. An manchen Stellen verdünnt sich die Muskelhaut bis auf 0·03 Mm.

Wenn man Einschnürungen oder Knicke, welche an den Nabelgefässen so oft vorkommen und gegen das Innere leistenartig vorspringen, am injicirten Nabelstrange mikroskopisch untersucht, so findet man, dass die Structur der Gefässwand unverändert bleibt, und die letztere in ihrer ganzen Dicke die Einknickung mitmacht. Man hat es also mit Falten, nicht mit Klappen, weder im anatomischen noch im physiologischen Sinne zu thun.

---

[1] Der unregelmässige und wechselvolle Verlauf der Fasern und die verschiedenartige Abgrenzung der Media im intra- und im extra-abdominalen Theile ist schon in der Arbeit von Simbert (Structure des vaisseaux du cordon ombilical. Comptes rendus des séances et mémoires de la société de Biologie. Paris 1867) erwähnt; mit seinem Gesammt-Urtheile stimme ich aber wenig überein, denn er beginnt seine Conclusions mit den Worten: „La structure des vaisseaux ombilicaux ne diffère pas de la structure générale des vaisseaux sanguins.“

Partielle Erweiterungen des Gefässschlauches zeigen einen merkwürdigen Unterschied in der Dicke der Wand. An einer Seite des Gefässumfanges ist die Wand ungemein dick und besteht aus zahlreichen Muskelschichten; an der anderen Seite dagegen, wo die Erweiterung stattgefunden hat, ist sie sehr dünn und besteht meist lediglich aus Ringsfasern. Um dies anschaulicher zu machen, habe ich zwei Zeichnungen, Fig. 4 und 5, von solchen partiellen Erweiterungen gegeben. Man sieht zu unterst die nicht erweiterte verdickte Partie der Wand mit ihren zahlreichen Schichten von Muskelfasern, nach aufwärts den erweiterten Theil der Wand, bestehend aus wenig zahlreichen Schichten von Ringsfasern. Dazwischen das Lumen, welches grossentheils von geronnenem Blute ausgefüllt ist. Die Bilder sind so auffallend, dass man auf den ersten Anblick glauben sollte, man habe es mit Blutextravasaten zwischen die Schichten der Arterienwand zu thun. Ich habe mich aber entschieden überzeugt, dass dem nicht so war, denn erstens habe ich in dem verdickten Theile keine Spur eines Lumens gefunden, und andererseits war es mir möglich, von der polsterartigen Oberfläche eben dieses verdickten Theiles Faserzüge direct in den verdünnten Theil der Arterienwand zu verfolgen. Ich muss es indessen unentschieden lassen, ob irgend ein Mal in einer früheren Periode der Entwickelung das Blut hier durch eine Zerreissung in ein neues Strombett abgelenkt wurde, oder ob die höchst auffallende Asymetrie nur in dem ungleichen Impulse oder im ungleichen Widerstande, welchen dasselbe fand, ihren Grund hat.

An anderen Stellen kommt es, wie ich oben erwähnte, vor, dass die innere Oberfläche der Arterienwand der Länge nach gefurcht erscheint. Macht man hier Querschnitte, so sieht man, dass an den den Furchen entsprechenden Stellen die Muskelhaut bis etwa zur Hälfte verdünnt ist; die Fasern sind dabei an diesen Stellen mehrfach durcheinander geschoben und unregelmässig gelagert. Elastische Elemente finden sich hier reicher vor, als anders wo. Das Zwischenstück zwischen je zwei Furchen wendet dem Lumen einen convexen Bogen zu; auch die Querfasern beschreiben im inneren Theile der Gefässwand dem entsprechend Bogenlinien.

An diese Form der Abweichungen reiht sich eine andere an, welche ich oben unter dem Namen der Polster makroskopisch beschrieben habe. Sie unterscheiden sich dadurch von den Zwischenstücken zwischen zwei Furchen, dass sie gegen das Lumen des Gefässes hin über das allgemeine Niveau der inneren Wand hervorragen, also positive Verdickungen derselben darstellen, und auch nicht immer seitlich von Furchen begrenzt sind.

Fig. 6 habe ich ein solches Polster im Querschnitt dargestellt. An der einen Seite desselben befindet sich eine deutliche Furche, an der anderen nicht. Man sieht auch hier die schon ohne Weinsäure zu Tage tretenden elastischen Elemente und die Convexität der inneren Schichten. Das Polster, dem diese Zeichnung entnommen wurde, lag etwa einen Centimeter nach innen vom Nabelring. Die Anordnung der elastischen Fasern zeigt ganz deutlich, dass bei der Zusammenziehung der Arterienwand das Polster noch weiter in das Lumen hineinragt und so dem Blutstrome ein wesentliches Hinderniss entgegensetzen kann.

Wir gehen hiemit zu unserem eigentlichen Thema über, zu der Frage nach den Mitteln, welche den Verschluss der Nabelarterien bedingen können. Es ist keine Frage, dass die eben erwähnten Polster dazu sehr geeignet wären, wenn man sich denkt, dass die übrige Arterienwand sich um sie zusammenzöge, aber sie kommen nicht überall vor und nicht gerade da, wo, wie wir später sehen werden, der wesentliche Verschluss zu suchen ist. Wir können also den regelmässigen, den physiologischen Verschluss der Nabelarterien nicht von ihnen ableiten. Dasselbe gilt von den gefurchten Partien der Arterienwand. Auch Stellen, wie die Fig. 4 und 5 dargestellten, würden sich wahrscheinlich für den Verschluss eignen; aber auch sie kommen nicht regelmässig und nicht an der Stelle des wesentlichen Verschlusses vor, und gerade sie findet man nach dem Tode nicht zusammengezogen, sondern von angehäuftem Blute ausgedehnt. Man braucht auch gar nicht nach besonderen Einrichtungen zu suchen, denn die Nabelarterie als solche ist schon durch ihren Reichthum an Muskelfasern und durch ihre Armuth an elastischen Elementen befähigt, ihr Lumen vollständig zu verschliessen. Die günstigsten Stellen dafür sind diejenigen, wo, wie dies ja meistens der Fall

ist, die grosse Masse der Ringfasern nach aussen, die Längsfasern nach innen liegen. Hier verkleinert sich beim Zusammenziehen der Ringfasern nicht einfach das drehrunde Lumen, sondern die Längsfasern werden nach einer Seite leistenartig hervorgedrängt, so dass das Lumen auf dem Querschnitte halbmondförmig wird und sich bei weiterer Zusammenziehung der Ringfasern vollständig schliesst. Ich habe dieses Stadium des halbmondförmigen Querschnittes in Fig. 7 dargestellt nach einem Durchschnitte, den ich durch eine normale Nabelarterie gemacht habe. In dieser Weise kann sich also die Nabelarterie in verschiedenen Theilen ihres Verlaufes zusammenziehen. Sie thut es offenbar nach dem Tode, wie wir dies schon früher gesehen haben, vielleicht auch während des Lebens bald nach der Geburt des Kindes. [1]

Es handelt sich aber für uns um etwas Anderes, es handelt sich darum, dass zwischen der Arteria hypogastrica einerseits und der Stelle, an welcher wir gewöhnlich zu durchschneiden pflegen, andererseits irgend wo ein regelmässiger Verschluss stattfinden muss, da, wie wir früher gesehen haben, nachdem das Klopfen der Nabelschnur aufgehört hat, die durchschnittenen und nicht unterbundenen Nabelgefässe in der Regel nicht bluten. Dieser Verschluss muss aufgesucht werden.

Ich habe zu diesem Zwecke 9 Kinder untersucht, welche nach dem Unterbinden der Nabelschnur gestorben waren, theils während der Rest des Nabelstranges noch saftig war, theils nachdem derselbe bis zu einem gewissen Grade eingetrocknet war.

---

[1] In gleichem Sinne sagt Virchow: „Die Nabelarterien pflegen sich nach der Geburt gleichfalls allmälig zu verengern und gerade bei ihnen kann die musculöse Natur der sich verengenden Elemente um so weniger fraglich sein, als wenige Gefässe eine so kräftige Ringsfaserhaut (Muscularis) besitzen. Gerade diese energische Wirkung der starken Muscularis erklärt es, dass trotz des relativ grossen Seitendruckes des Blutes im regelmässigen Gange diese Arterien sich bis auf ein ganz kleines Lumen zusammenziehen und dass der Thrombus, der sich in ihnen bildet, einen sehr geringen Umfang hat. Denn allerdings ist hier die Thrombose die Regel und sie lässt sich einfach nach den Erfahrungen der Arterienligatur deuten.“. (Gesammelte Abhandlungen zur wissenschaftl. Medicin. Frankfurt a. M. 1856. Seite 592.)

In allen diesen Fällen waren die Nabelgefässe nach innen vom Nabelringe dicker, als ich sie bei unter der Geburt verstorbenen Kindern gefunden hatte: im Nabelringe selbst aber habe ich sie nicht verdickt gefunden. An der äusseren Oberfläche desselben bemerkte man ein reich entwickeltes Netz von Vasa vasorum. Beim Aufschlitzen findet man einen gewöhnlich sehr dünnen Thrombus im intraabdominalen Theile. Derselbe ist nach Form und Länge sehr verschieden; manchmal hat er mehrere durch dünne fadenförmige Verbindungen mit den anderen verbundene Verdickungen, manchmal fehlt eine solche Verbindung ganz, so dass getrennte spindelförmige Thromben vorhanden sind. Der Thrombus beginnt da, wo die letzten Äste von der Nabelarterie abgegangen sind und erstreckt sich bis auf eine grössere oder geringere Entfernung vom Nabelring. Nur in einer von den 18 untersuchten Nabelarterien habe ich den Thrombus noch in einiger Dicke durch den Nabelring hindurchgehen gesehen. Hier war er vor und hinter dem Nabelringe bedeutend dünner als im Nabelringe selbst. In zwei anderen Fällen liess er sich durch den Nabelring verfolgen, war aber daselbst fadenförmig verdünnt. In allen übrigen Fällen reichte er nicht bis in den Nabelring hinein. In einem Falle war an beiden Arterien das intraabdominale Stück bis zur Abgabe der letzten Äste contrahirt und leer, in zwei anderen Fällen war dies so mit nur einer Arterie. Einer dieser letzteren Fälle betraf gerade das Kind, dessen andere Nabelarterie im Nabelringe einen verhältnissmässig dicken Thrombus hatte.

Ich habe hier im Wesentlichen den Befund anderer Beobachter bestätigt. In der That muss er jedem entgegentreten, der in diesem Stadium eine Anzahl von Nabelarterien aufschlitzte. Schon Notta erwähnt der Kleinheit des Thrombus und dessen relativ nicht seltenes Fehlen (Mémoire sur l'oblitération des artères ombilicales et sur l'artérite ombilicale. — Mémoires de l'Académie imp. de médec. Tom. XIX. Paris 1855, pg. 7) und eben so Virchow, dessen Worte ich schon oben erwähnt habe.

Aus meinen eigenen, sowie aus den fremden Befunden muss ich schliessen, dass für das Aufhören der Pulsation des Nabelstranges eine Contraction der Nabelarterien im Nabelringe und

in grösserer oder geringerer Ausdehnung nach innen von demselben die wesentliche Ursache sei. Es schliesst dieses nicht aus, dass sich die Nabelarterien auch in grosser Ausdehnung ausserhalb des Nabelringes contrahiren; aber für unsere Frage kommt immer nur der Theil der Arterien in Betracht, welcher stromaufwärts von den untersuchten, beziehungsweise durchschnittenen Stellen liegt.

Wenn ich mich frage, was die Ursache für diese Contraction sein kann, so bieten sich mir drei Möglichkeiten dar, die jede für sich nichts Unwahrscheinliches haben.

1. In der Regel sinkt die Temperatur des Nabelstranges, sobald das Kind geboren ist, durch den Einfluss der atmosphärischen Luft, und diese Temperaturerniedrigung kann direct und an und für sich schon eine Contraction der Ringsmuskelfasern bewirken.
2. Die atmosphärische Luft wirkt auf die Haut und auf die Respirationsoberfläche des Kindes, und hiedurch kann ein Reiz ausgeübt werden, der auf reflectorischem Wege eine Zusammenziehung der Nabelarterien hervorruft.
3. Mit dem Uebergange von intrauterinen zum extrauterinen Leben, mit dem Beginn der Respiration und der durch ihn bedingten Veränderung des Blutkreislaufes kann ein innerer Vorgang verbunden sein, der eine Zusammenziehung der Nabelarterien zur nothwendigen Folge hat. Es scheint auf den ersten Augenblick, dass ein unter allen Umständen eintretender innerer Vorgang die wahrscheinlichste Ursache sei für einen Act von so hoher physiologischer Bedeutung. Dass die Puncte eins und zwei aber nicht ohne Weiteres als unwesentlich betrachtet werden können, beweist die Thatsache, dass bei Kindern, welche man mit durchschnittenem aber nicht unterbundenem Nabelstrange in ein warmes Bad setzt, Blutungen aus den Nabelgefässen eintreten.

Die Nabelvene.

Bei der Blosslegung der Nabelvene findet man in deren Wand eine grosse Anzahl von Falten, welche bei der Ausstreckung

Erklärung der Zeichnungen.

Fig. 1. Längsschnitt der Nabelarterie ungefähr aus der Mitte des Nabelstranges. Die innere Schichte der Muskelhaut *a* besteht aus Längsmuskelfasern, die äussere *b* aus quer und schräg durchschnittenen. Die Adventitia *c* enthält vereinzelte Muskelelemente. Vergrösserung 280.

„ 2. Längsschnitt der Nabelarterie aus dem Nabelstrange in der Nähe des Nabels. Die ganze Breite der Wand besteht aus quergeschnittenen Muskelfasern; *a* der innere Theil, *b* der äussere der Muskelhaut, *c* Adventitia. Vergrösserung 260.

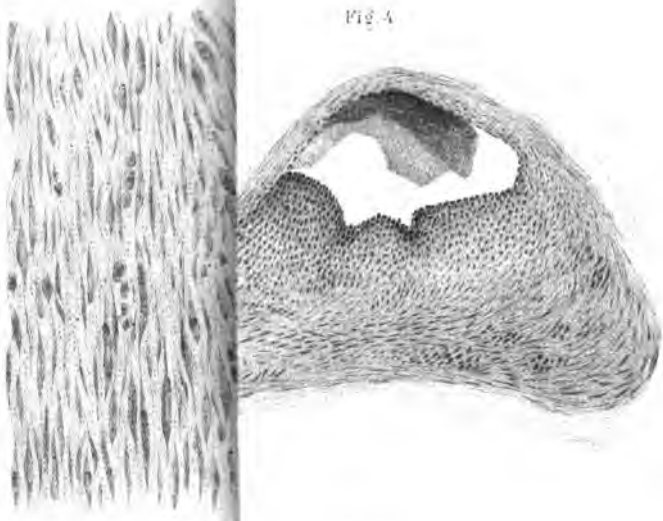
„ 3. Der intraabdominale Theil der Nabelarterie in der Nähe des Nabels, Längsschnitt. Die ganze Arterienwand besteht aus längsverlaufenden Muskelfasern. Die Buchstaben *a b c* bedeuten dasselbe wie bei Fig. 2. Vergrösserung 280.

„ 4 u. 5. Querschnitt der Nabelarterie an der Stelle der partiellen Erweiterung. An einer Seite ist die Gefässwand dick, an der anderen ungemein verdünnt. Coagulirtes Blut füllt das Lumen grossentheils aus. Vergrösserung in Fig. 4 = 58 in Fig. 5 = 50.

„ 6. Querschnitt der Nabelarterie gleich nach innen vom Nabel. Die Arterienwand zeigt eine polsterartige Erhabenheit. An einer Seite am inneren Rande der Gefässwand sieht man stark geschlängelte elastische Fasern, welche dann in das Polster hineindringen. In der Adventitia bemerkt man schon die Vasa vasorum. Vergrösserung 145.

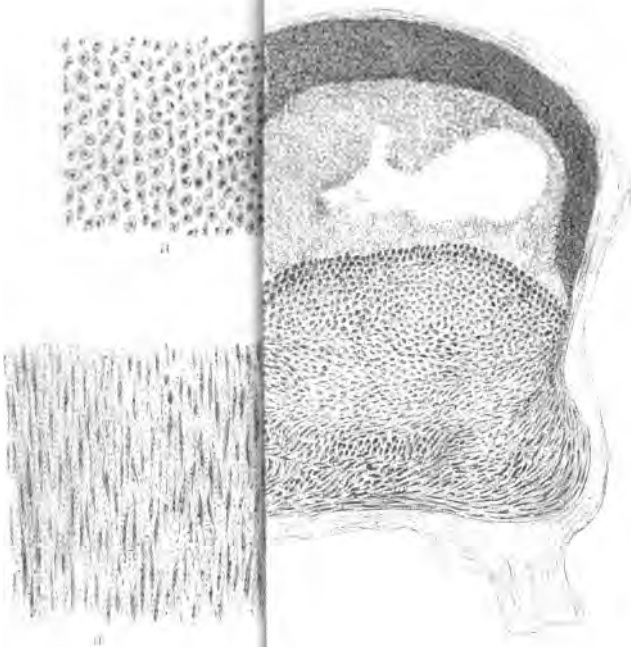
„ 7. Querschnitt der normalen Nabelarterie im Nabelstrange, stellt die Art des Verschlusses dar. Vergrösserung 55.

Fig. 4



a

Fig. 5



a

a

XX. SITZUNG VOM 23. JULI 1874.

Herr Hofrath Dr. Theodor Billroth dankt, mit Schreiben vom 23. Juli, für seine Wahl zum wirklichen Mitgliede der Akademie.

Herr Prof. Dr. Alex. Rollett in Graz übersendet eine Abhandlung des Herrn Prof. V. v. Ebner: „Untersuchungen über das Verhalten des Knochengewebes im polarisirten Lichte."

Herr Hofrath Dr. K. Langer übermittelt eine Abhandlung: „Studien über die Entwicklung der Extremitäten des Menschen, insbesondere der Gelenkflächen," von den Herren Prof. W. Henke in Prag und Privatdocenten Karl Weyher in Dorpat.

Herr Prof. Dr. Ad. Lieben in Prag übersendet eine für den Anzeiger bestimmte Notiz „über Synthese von Alkoholen mittelst Bichloräthers."

Herr Hofrath Dr. E. v. Brücke legt eine Abhandlung: „Über das Verhalten der entnervten Muskeln gegen den constanten Strom" vor.

Herr Prof. Dr. V. v. Lang übergibt eine Abhandlung des Herrn Dr. J. Puluj: „Über die Reibungsconstante der Luft als Function der Temperatur." II.

Derselbe übergibt ferner eine weitere Folge seiner „krystallographisch-optischen Bestimmungen."

Herr Regierungsrath Dr. Fried. Rochleder überreicht eine Abhandlung des Herrn Zd. Hans Skraup: „Zur Kenntniss der Rhabarberstoffe Chrysophansäure und Emodin."

Herr Prof. Dr. A. Winckler legt eine Abhandlung: „Integration verschiedener Differentialgleichungen zweiter Ordnung" vor.

Herr Hofrath Dr. H. Hlasiwetz legt seine erste, gemeinschaftlich mit Herrn J. Habermann durchgeführte Abhandlung: „Über das Gentisin" vor.

Derselbe übergibt ferner die Nummern 20 und 21 der „Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium der Universität Innsbruck, u. zw.: *a)* „Über die Constitution der Dioxybenzoësäure," von den Herren L. Barth und C. Senhofer, und *b)* „Über Benzoltrisulfosäure," von Herrn Senhofer.

Herr Hofrath Hlasiwetz übergibt endlich eine für den Anzeiger bestimmte Notiz, als Nachtrag zu der Untersuchung des Herrn Dr. Weidel „über das Cinchonin."

Der Secretär v. Schrötter macht eine Mittheilung über eine Arbeit, betreffend die Verbindung des Goldes mit dem Schwefel, welche er gemeinschaftlich mit dem Haupt-Münzamts-Chemiker, Herrn Dr. Přiwoznik, ausgeführt hat.

Derselbe hinterlegt ferner ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität.

Herr Privatdocent Dr. Sigm. Exner überreicht „Kleine Mittheilungen physiologischen Inhalts."

Herr Alfred Burgerstein, Assistent am pflanzenphysiologischen Institute der Wiener Universität, legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Untersuchungen über das Vorkommen und die Entstehung des Holzstoffes in den Geweben der Pflanzen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale de Belgique: Bulletin. 42e Année, 2e Série, Tome 36, Nrs. 1—12. (1873); 43e Année, 2e Série, Tome 37, Nrs. 1—5. (1874.) Bruxelles; 8°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. April 1874. Berlin; 8°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie und Pharmacie. N. R. Band 96, Heft 2. Leipzig & Heidelberg, 1874; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 21. Wien, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 2001—2002 (Bd. 84. 9—10.) Kiel, 1874; 4°.

Bergwerks-Betrieb, Der — Österreichs im Jahre 1873. I. Theil. (Tabellen.) Herausgegeben vom k. k. Ackerbau-Ministerium. Wien, 1874; kl. 4°.

Berlin, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1873/74. 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIX, Nr. 1. Paris, 1874; 4°.

de la Rive, und Ed. Sarasin, Einige Versuche über die Wirkungen des Magnetismus auf die elektrischen in der Verlängerung der Axe des Magneten stattfindenden Entladungen in einem verdünnten Gas. (Aus Poggendorff's Annalen.) 8°.

Favero, Valentino, La costituzione fisica delle Comete. Bassano, 1874; 8°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVII (neuer Folge VII). Nr. 6. Wien, 1874; 8°.

— Deutsche, für Natur- und Völkerkunde Ostasiens: Mittheilungen. 4. Heft. Yokohama; 4°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 14. Wien, 1874; 4°.

— Deutsche geologische: Zeitschrift. XXVI. Band, 1. Heft. Berlin, 1874; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 29; Wien, 1874; 4°.

Isis: Sitzungsberichte. Jahrgang 1874, Januar bis März. Dresden; 8°.

Ludwig. C., Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. VIII. Jahrgang: 1873. Leipzig, 1874; 8°.

Montigny, Ch., La fréquence des variations de couleurs des étoiles dans la scintillation est généralement en rapport avec la constitution de leur lumière d'après l'analyse spectrale. Bruxelles, 1874; 8°.

Nature. Nr. 246, Vol. X. London, 1874; 4°.

Naturforscher-Verein zu Riga: Correspondenzblatt. XX. Jahrgang. Riga, 1874; 8°.

Nuovo Cimento. Serie 2ª, Tomo XI. Maggio e Giugno 1874. Pisa; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 10. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger". IVe Année, 2e Série, Nr. 3. Paris, 1874; 4°.

Société Entomologique de France: Annales. Ve Série. Tome IIIe. Paris, 1873; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 29. Wien, 1874; 4°.

Société Linnéenne du Nord de la France: Mémoires. Tome IIIe. Années 1872 & 1873. Amiens, 1873; 8°. — Bulletin mensuel. 2e Année. (1873.) Nrs. 17—18; 3e Année. (1874.) Nrs. 19—22. Amiens; 8°.

Untersuchungen über das Verhalten des Knochengewebes im polarisirten Lichte.

Von Prof. **V. v. Ebner** in Graz.

(Mit 2 Holzschnitten und 1 Tafel.)

Die lebhaften Discussionen, welche in der neuesten Zeit über das Wachsthum der Knochen geführt werden, gaben mir den ersten Anstoss zu den nachfolgenden Untersuchungen. Mit dem Studium der Resorptionsflächen der Knochen beschäftigt, dachte ich daran, die Umgebung der Howship'schen Lacunen mit dem Polarisationsmikroskope zu untersuchen. Es zeigte sich an senkrechten Durchschnitten, dass diese Lacunen in ihrer eigenthümlichen Natur hiebei besonders deutlich hervortreten; nämlich als offenbar secundär entstandene Lücken in ursprünglich regelmässig abgelagerten Knochenlamellen.

Eine weitere Verfolgung dieser Thatsache könnte aber nur dann von Interesse sein, wenn wir über den Zusammenhang der am Knochen zu beobachtenden Polarisationserscheinungen mit der mikroskopischen Struktur des Knochengewebes genau unterrichtet wären.

Dies ist aber keineswegs der Fall, da die bisher vorliegenden Untersuchungen von Wilhelm Müller[1] und Valentin[2] Resultate ergaben, welche in unlösbarem Widerspruche stehen. Während W. Müller behauptet, die Knochengrundsubstanz sei positiv einaxig mit den Havers'schen Kanälen parallel gerichteter Hauptaxe, vermuthet Valentin, auf Grund seiner Beobachtungen, die Knochensubstanz sei negativ einaxig mit senkrecht

---

[1] Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Reihe, X. Band, p. 187.

[2] Die Untersuchung der Pflanzen- und Thiergewebe in polarisirtem Lichte. Leipzig 1861. p. 255.

auf die Lamellen gerichteter Hauptaxe. Valentin hat gegen W. Müller dargethan, dass die zwischen gekreuzten Nicols an vielen Querschnitten Havers'scher Lamellensysteme sichtbaren Kreuze nicht von einem senkrecht oder schief zur optischen Axe durchschnittenen optisch einaxigen Körper herrühren können; dagegen Erscheinungen zeigen, welche sich unter der von ihm gemachten, eben erwähnten Voraussetzung erklären lassen. Andererseits lässt sich die von W. Müller gemachte Beobachtung, dass an Röhrenknochen sehr viele Querschliffe Havers'scher Kanäle eine Umgebung zeigen, welche bei der Drehung zwischen den gekreuzten Nicols in allen Azimuthen dunkel erscheint, unter der Voraussetzung Valentin's nicht erklären. Man müsste denn die, nach Allem, was man vom Baue der Knochen weiss, unzulässige Annahme machen, dass Havers'sche Kanäle vorkommen, welche das Knochengewebe senkrecht zur Fläche der Lamellen durchbohren.

Es ist also kein Zweifel, dass die am Knochen beobachteten Polarisationserscheinungen durch keine der beiden erwähnten Annahmen, wenigstens in der bisher vorliegenden Form sich erklären lassen, und ich entschloss mich daher, den Gegenstand neuerdings aufzunehmen.

Es handelte sich zunächst darum, sich klar zu machen, welche Strukturverhältnisse des Knochens als Anhaltspunkt zur Bestimmung der Lage der Elasticitätsaxen dienen könnten. Es scheint beinahe selbstverständlich, dass dieser Anhaltspunkt nichts Anderes sein kann als die Knochenkörperchen. Nach dem heutigen Stande der Histologie können wir von vornherein annehmen, dass die Struktur der Knochengrundsubstanz eine gewisse Abhängigkeit von den Knochenzellen haben muss, da sie ja von diesen aus gebildet wird. Es ist daher auch vorauszusetzen, dass die optischen Eigenschaften der Grundsubstanz in einer ganz bestimmten Beziehung zu den Knochenkörperchen stehen werden; ja würde die Untersuchung mit dem Polarisationsmikroskope eine solche Beziehung nicht ergeben, so müsste uns dies in hohem Grade befremden. Es liesse sich ein solches Resultat mit dem, was wir als sicheres Ergebniss der neueren Untersuchungen über die Genese des Knochengewebes betrachten, nur schwer in Übereinstimmung bringen.

Ist es schon auf diese Weise theoretisch gerechtfertigt, die Elasticitätsaxen der Knochengrundsubstanz in ihren Beziehungen zu den Knochenkörperchen aufzusuchen, so empfiehlt sich ein solches Verfahren noch insbesondere durch die ausserordentlich günstige Gestalt dieser Gebilde, welche es in den meisten Fällen möglich macht, drei auf einander senkrechte Richtungen des Raumes im Knochengewebe ohne besondere Schwierigkeit zu unterscheiden.

Trotz dieser günstigen Verhältnisse ist den Knochenkörperchen weder von Valentin noch von W. Müller die gehörige Berücksichtigung zu Theil geworden.

Valentin bringt seine Angaben nur in Beziehung zu den Knochenlamellen. Schon diese Grundlage der Beobachtungen muss einigermassen mit Misstrauen gegen die Zuverlässigkeit derselben erfüllen, da ohne Zuhilfenahme der Knochenkörperchen sich an den Knochenlamellen ausser der Dickenrichtung nur die Fläche im Allgemeinen, nicht aber eine bestimmte Richtung in derselben, unterscheiden lässt. W. Müller benützt zur Orientirung den Verlauf der Gefässkanäle, was desswegen nicht angeht, weil deren Vertheilung und Anordnung eine Eigenthümlichkeit der Knochen als Organe, nicht aber des Knochens als Gewebe ist. Abgesehen davon, dass es ziemlich umfangreiche Strecken von Knochengewebe gibt, die der Havers'schen Kanäle entbehren, steht die Struktur der Knochensubstanz auch dort, wo sie in Form concentrischer Lamellen um die Havers'schen Kanäle angeordnet ist, mit dem Verlauf dieser letzteren nur in loser und wechselnder Beziehung. Es war ein die Frage verwirrender Irrthum, dass W. Müller die Längsrichtung der Havers'schen Kanäle mit der Längsrichtung der Knochenkörperchen ohne Weiteres zusammenfallen liess. Wenn auch sein Schluss, das Knochengewebe sei positiv einaxig und die optische Axe laufe der Längsaxe der Knochenkörperchen parallel, der Wahrheit, wie später gezeigt werden soll, jedenfalls nahe kommt, so ist doch dieser Schluss aus zum guten Theile unrichtigen Prämissen gezogen.

Mit Rücksicht auf die grosse Bedeutung, welche nach dem eben Bemerkten den Knochenkörperchen für die folgenden Untersuchungen zukommt, dürfte es nicht unzweckmässig sein über Form- und Lageverhältnisse derselben Einiges vorauszuschicken.

Die Knochenkörperchen sind bekanntlich längliche, abgeplattete Gebilde. Sie lassen sich bezüglich ihrer Form allenfalls mit einem Zwetschenkerne vergleichen. Man kann an ihnen einen langen, einen mittleren und einen kurzen Durchmesser unterscheiden.

Kölliker gibt für den Menschen die Dimension des langen Durchmessers mit 22—52 μ., die des mittleren mit 6—14 μ., die des kurzen mit 4—9 μ. an.

Was meine eigenen Messungen anbelangt, so sollen dieselben später mitgetheilt werden; die angeführten Zahlen sind genügend, um die beträchtlichen Grössenunterschiede der drei Durchmesser anschaulich zu machen.

Die von den Knochenkörperchen ausgehenden zahlreichen sogenannten Kalkkanälchen sind nach den übereinstimmenden Beschreibungen und Abbildungen der Handbücher grösstentheils dem kurzen Durchmesser der Knochenkörperchen parallel oder fast parallel, und gehen fast sämmmtlich von der breiten Fläche der Knochenkörperchen aus. Sie erscheinen demgemäss an Schliffen, welche dem mittleren Durchmesser parallel sind, überwiegend quer- und schrägdurchschnitten, während sie an Schliffen die parallel dem kurzen Durchmesser geführt sind, als zahlreiche, fast gerade, unter spitzen Winkeln verzweigte Röhrchen sich darstellen.

Aus dem Angeführten geht hervor, dass die Lage der Durchmesser der Knochenkörperchen aus ihren Dimensionen und dem eigenthümlichen Verlauf der Knochenkanälchen erschlossen werden kann.

Was nun die auf Grund dieser Anhaltspunkte gewonnenen Erfahrungen anbelangt, so ist es eine bekannte Sache, dass die breiten Flächen der Knochenkörperchen oder mit anderen Worten der lange und der mittlere Durchmesser derselben, den Knochenlamellen parallel gerichtet sind, während der kurze Durchmesser auf den Lamellen senkrecht steht. Dagegen ver-

misse ich in der mir zugänglichen Literatur Angaben über das Verhalten der langen und mittleren Durchmesser benachbarter Knochenkörperchen in einer und derselben Lamelle und in aufeinander folgenden Lamellen. Die oben erwähnte Thatsache gibt uns nur den Aufschluss, dass in einem Systeme ebenflächiger, übereinander geschichteter Lamellen sämmtliche kurze Durchmesser der Knochenkörperchen einander parallel sind. Die langen und die mittleren Durchmesser sind aber vielleicht in allen möglichen Azimuthen orientirt?

W. Müller hat als selbstverständlich vorausgesetzt, dass in den Röhrenknochen die langen Durchmesser der Knochenkörperchen der Havers'schen Lamellen sämmtlich den Havers'schen Kanälen parallel laufen.[1] Dies ist jedoch thatsächlich nicht der Fall. Wenn auch die Knochenkörperchen mit ihren langen Durchmessern oft nur wenig gegen die Längsrichtung der Havers'schen Kanäle geneigt sind, so sind sie doch nur ausnahmsweise derselben genau parallel. Es kommen aber auch Havers'sche Lamellen vor, deren Knochenkörperchen mit dem langen Durchmesser senkrecht oder fast senkrecht gegen die Längsrichtung der Havers'schen Kanäle orientirt sind.

Zahlreiche Beobachtungen an Flächenschliffen der Knochenlamellen haben mich ferner belehrt, dass die Längsdurchmesser der Knochenkörperchen aufeinander folgender Lamellen in allen möglichen Richtungen zwischen 0° und 90° gegeneinander orientirt sein können, während sie innerhalb derselben Lamelle eine ziemlich gleichmässige Richtung einhalten. Manchmal findet man eine grössere Zahl von Lamellen übereinander mit ziemlich übereinstimmend orientirten Knochenkörperchen, in anderen Fällen dagegen zeigt Lamelle für Lamelle anders gelagerte Knochenkörperchen. Kurz, die Orientirung dieser Gebilde in der Fläche der Lamellen ist eine sehr wechselnde, wodurch die Lösung der im Folgenden zu behandelnden Fragen bedeutend erschwert wird.

Indem ich nun die Knochenkörperchen zur Unterscheidung verschiedener Richtungen im Knochengewebe benütze, denke ich mir drei aufeinander senkrechte Ebenen durch je zwei Durch-

[1] L. c. p. 188.

Mit Rücksicht auf die grosse P… die ich als Haupt-
eben Bemerkten den Knoch… bezeichnen will. Die erste
Untersuchungen zukomm… den langen und den mittleren, die
über Form- und I… den langen und den kurzen, die dritte
schicken.

Die K… den mittleren und den kurzen Durch-
geplatte… Knochenkörperchen.
falls … dieser Ebenen ist also ausschliesslich durch die
ei… der Knochenkörperchen bestimmt; daher eine ebenso
… wie die der Knochenkörperchen selbst. Ihre Unter-
scheidung hat natürlich nur dann einen Sinn, wenn in der That
die Orientirung der doppeltbrechenden Elemente im Knochen
von der Lage der Knochenkörperchen abhängt.

Es ergibt sich aus den Vorhergehenden, dass es nicht leicht sein wird, Schliffe zu gewinnen, an welchen in grosser Ausdehnung die Knochenkörperchen durchaus gleichmässig orientirt sind. Ich habe mich längere Zeit bemüht, ein in dieser Beziehung ganz entsprechendes Object zu finden, ohne jedoch zu einem befriedigenden Resultate zu gelangen. Das relativ günstigste Object auf welches ich stiess und an welchem die Anordnung der Knochenkörperchen ziemlich einfach sich gestaltet, ist der Oberschenkel des Frosches. An diesem Objecte habe ich zunächst die Anisotropie des Knochengewebes untersucht und erst später konnte ich, geleitet durch die hier gemachten Erfahrungen, auch die sehr wechselvollen Erscheinungen, welche complicirter gebaute Knochen unter dem Polarisationsmikroskope darbieten, einer erfolgreichen Analyse unterziehen.

Über die Herstellung der Präparate habe ich nur wenig zu bemerken. Da es mir auf genaue Beurtheilung der Lage der Knochenkörperchen ankam, so wurden nur Schliffe zur Untersuchung benützt, die theils trocken, theils in Wasser unter das Mikroskop gebracht wurden. Die Sägschnitte wurden mit Bimssteinpulver auf einer Glasplatte geschliffen und sorgfältig auf einem sehr feinkörnigen Schleifsteine polirt. Zur Herstellung von Querschliffen durch den Oberschenkel des Frosches ist eine sehr feine Laubsäge nothwendig.

Der von mir benützte Polarisationsapparat stammt, sowie das Mikroskop selbst aus der Werkstätte von Carl Zeiss in Jena. Der Polarisator ist mit einer Condensorlinse verbunden;

das analysirende Nicol befindet sich im Oculare zwischen Collectiv- und Ocularglas und gibt ein grosses, bei gekreuzter Stellung der Nicols sehr dunkles Gesichtsfeld. Die Einschaltung des Nicols in das Ocular hat aber den Nachtheil, dass die Bilder in ziemlich störender Weise verzerrt werden. Ich sah mich daher genöthigt, in allen jenen Fällen, wo es mir darauf ankam, die Knochenkörperchen scharf zu sehen, das grosse Gesichtsfeld zu opfern und das analysirende Nicol in der gewöhnlichen Weise über dem Oculare anzubringen. Noch bessere Dienste leistete mir als Analysator über dem Oculare ein Kalkspathprisma von Hartnack und Prazmowsky [1], das wegen seiner Kürze ein ziemlich ausgedehntes Gesichtsfeld gibt.

Zur Drehung der Objecte um die verticale Axe des Mikroskopes dient ein 9 Mm. breiter Ring von 6 Ctm. Durchmesser, der einfach auf den Objecttisch aufgelegt wird. Beim Drehen gleitet der Ring mit seinem inneren Umfange auf der Peripherie einer kreisförmigen, etwas aus der Ebene des Objecttisches vorragenden Platte. Diese Platte ist durchbohrt, trägt die Hülse zur Aufnahme des Polarisators und ist für die Axe des Mikroskoptubus gut centrirt. Eine Vorrichtung zur Drehung der Präparate um eine horizontale Axe ist dem Polarisationsapparate von Zeiss nicht beigegeben und ich liess mir daher eine solche nach eigener Angabe anfertigen.

Ein $5^1/_2$ Ctm. langer und $2^1/_2$ Mm. dicker, runder Messingstab (Fig. 1 und 2, *a*) trägt ungefähr in der Mitte seiner Länge eine 18 Mm. lange und 16 Mm. breite durchbohrte Messingplatte (*b*) mit einer 12 Mm. weiten kreisrunden Öffnung. An dem einen Ende trägt der Stab einen zur Ebene der Messingplatte senkrecht stehenden Arm (*c*). Der Stab ruht mit seinen Enden auf 6 Mm. hohen Axenlagern aus Messing (*e*), welche am Boden eines Troges (*tt*) festgekittet sind, und wird durch federnde Klemmen (*f*) gegen dieselben angedrückt.

Der Stab mit der Platte lässt sich mittelst des Armes (*c*), der mit dem Zeiger *c'* (Fig. 2) auf einem Gradbogen (*g*) spielt, drehen und kann nach Lüftung der Klemmen jederzeit leicht aus

---

[1] Poggendorf's Annalen. 1866. Bd. CXXVII (203). p. 494.

dem Troge entfernt werden. Der Gradbogen ist so eingerichtet, dass er auf die parallelen Wände des Troges ($t't'$) aufgesteckt und leicht wieder weggenommen werden kann.

Fig. 1.

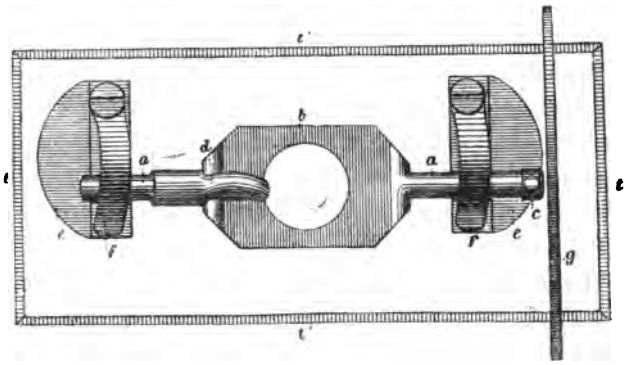
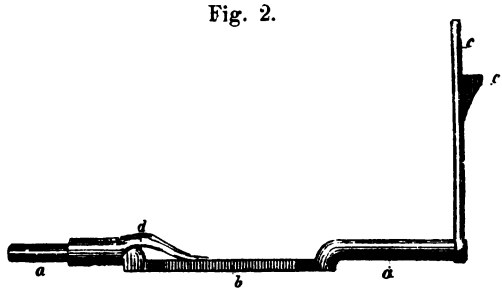


Fig. 2.



Objectträger für Drehungen um die Horizontalaxe. Fig. 1, Ansicht von oben. Fig. 2, drehbarer Stab nebst Platte, von der Seite gesehen.

Der Trog ist 75 Mm. lang, 35 Mm. breit und 18 Mm. tief. Der Boden des Troges wird von einer ebenen Glasplatte gebildet; die Seitenwände sind von Messing. Der ganze Apparat wird wie ein gewöhnlicher mikroskopischer Objectträger auf den Ring für Azimuthaldrehungen gelegt. Damit bei den Drehungen der durchbohrten Platte um die Horizontalaxe der Trog sich nicht verschiebe, genügt es vollständig, die Stellen, wo der Trog auf dem Ringe aufliegt, mit etwas Talg zu bestreichen.

Der Apparat gestattet Drehungen nach links und rechts bis zu 50°. Das Object wird zwischen zwei kleine Deckgläschen gebracht, die man dann, um das Präparat zu fixiren, an einer

oder zwei Stellen des Randes mit Canadabalsam verbindet. Die Stellung des Präparates zur Drehungsaxe geschieht aus freier Hand; ist die gewünschte Stellung erreicht, so dient eine kleine, an der Drehungsaxe verschiebbare Metallfeder (Fig. 1 u. 2, *d*), um die beiden Deckgläschen festzuhalten. Um die Übelstände, welche durch die starke Neigung der Deckgläschen beim Drehen verursacht werden, möglichst zu vermindern, wird der Trog des Apparates während der Beobachtung mit Wasser angefüllt, so dass dann das Object vollständig unter Flüssigkeit gedreht wird. Zu Beobachtungen während der Drehung um die Horizontalaxe kann man selbstverständlich nur Objective von grossem Focalabstand benützen. Das Objectiv *B* von Zeiss, welches bei einem Focalabstande von 7 Mm. eine scharfe 150fache Vergrösserung ergibt, leistete mir sehr gute Dienste.

Eine besondere Einrichtung musste noch getroffen werden, um eine Centrirung des zu beobachtenden Punktes für die Drehungen um die Horizontalaxe zu ermöglichen. Zu diesem Zwecke wurde die durchbohrte Messingplatte etwas unter die Axe des drehbaren Messingstabes gelegt, so dass das Präparat ziemlich genau in die Ebene der Drehungsaxe zu liegen kommt. (Vergleiche die Profilansicht von Stab (*a*) und Platte (*b*) in Fig. 2). Wäre die obere Fläche der Platte einfach die Tangirungsebene des Stabes, so würde dadurch die Beobachtung eines bestimmten Punktes während der Drehung sehr erschwert werden. Da nämlich jeder Punkt, der nicht in der Drehungsaxe selbst liegt, sich während der Drehung seitlich verschiebt, so muss dann diese Verschiebung durch Verrückung des ganzen Apparates in entgegengesetzter Richtung ausgeglichen werden.

Diese seitliche Verschiebung ist aber schon bei einer geringen Entfernung des beobachteten Punktes von der Drehungsaxe sehr merklich, da sie bei der mikroskopischen Beobachtung in demselben Masse vergrössert wird, wie das Präparat selbst. Mit der seitlichen Verschiebung geht, da ja jeder nicht in der Drehungsaxe liegende Punkt einen Bogen beschreibt, auch eine Verschiebung des Punktes in verticaler Richtung einher und es ist deshalb nothwendig, fortwährend die Einstellung des Mikroskop es bedeutend zu ändern. Wie man sieht, wäre unter solchen Umständen die Beo bachtung äusserst unbequem. Die gerügten

Übelstände sind ohne Zweifel an dem von Valentin[1] und an dem von Nägeli und Schwendener[2] beschriebenen Apparate vorhanden. Für den ersteren glaube ich dies speciell nachweisen zu sollen, da Valentin, Nägeli und Schwendener gegenüber, so grosses Gewicht darauf legt, dass sein Apparat eine genaue Centrirung zulasse[3]. Die Centrirung am Apparate Valentin's hat aber nur für die Azimuthaldrehungen, nicht aber für die Drehung um die Horizontalaxe eine Bedeutung. Um die Richtigkeit dieser Behauptung zu beweisen, muss ich mich an die von Valentin gegebene Abbildung halten; den Apparat selbst besitze ich nicht.

Nehmen wir an, es sei ein Punkt des Präparates in der von Valentin beschriebenen Weise für die Verticalaxe des Mikroskopes centrirt, so befindet sich derselbe, wenn wir die Dicke des um die Horizontalaxe drehbaren Stiftes auf 2 Mm. und die des darüberliegenden drehbaren Metallringes auf nur 1 Mm. veranschlagen, mindestens 2 Mm. über der Drehungsaxe, wobei die Dicke des Objectträgers noch gar nicht gerechnet ist. Drehen wir nun den Stift um einen beliebigen Winkel, so rückt der centrirte Punkt, wie eine einfache Überlegung ergibt, in der Richtung senkrecht auf die Drehungsaxe um eine dem Sinus des Drehungswinkels proportionale Grösse nach seitwärts. Diese Grösse beträgt bei einem Winkel von $20^1/_2°$, den Radius von 2 Mm. zu Grunde gelegt, bereits 0·7 Mm. Geschieht nun die Beobachtung bei einer etwa 150maligen Vergrösserung, wobei der wirkliche Durchmesser des Gesichtsfeldes, ganz abgesehen von dem über dem Oculare befindlichen Nicol, kaum mehr als 1·4 Mm. betragen dürfte, so genügt die angeführte Drehung von $20^1/_2°$, um den ursprünglich centrirten Punkt ganz aus dem Gesichtsfelde zu verlieren. Da nun der drehbare Tisch von Valentin, einmal centrirt, eine seitliche Verschiebung nicht mehr gestattet, so ist es mit demselben, wenn man nicht das Präparat selbst verschiebt, nicht möglich, während ausgiebiger Drehun-

---

[1] L. c. p. 166.

[2] Das Mikroskop.

[3] Die physikalische Untersuchung der Gewebe. Leipzig und Heidelberg 1867. p. 316.

gen um die horizontale Axe einen bestimmten Punkt des Präparates zu beobachten.

Ich kann nun nicht behaupten, dass die besprochenen Übelstände bei meinem Apparate vollkommen eliminirt sind, doch ist immer so viel zu erreichen, dass der beobachtete Punkt bei Winkeldrehungen bis zu 50° bei 100—150maliger Vergrösserung nicht aus dem Gesichtsfelde verschwindet und dass wenige Drehungen an der Mikrometerschraube genügen, um die genaue Einstellung zu erhalten.

Als wesentlicher Vortheil meiner Vorrichtung ist noch hervorzuheben, dass dieselbe gestattet, das um einen bestimmten Winkel gegen die Horizontalebene gedrehte Object noch durch alle Azimuthe hindurch zu drehen, was für die richtige Beurtheilung der beim Drehen um die Horizontalaxe auftretenden Erscheinungen sehr wichtig ist. Der Apparat Valentin's ist so eingerichtet, dass die Horizontalaxe beim Drehen in einem bestimmten Azimuthe fixirt ist.

Zum Verständnisse der später folgenden Auseinandersetzungen sind noch einige Vorbemerkungen nothwendig.

Der Polarisator wurde stets so gestellt, dass seine Polarisationsebene mit der Reflexionsebene des Beleuchtungsspiegels zusammenfiel; das auffallende Licht wurde mittelst eines an der den Tubus des Mikroskopes aufnehmenden Hülse befestigten Schirmes möglichst sorgfältig abgehalten. Bei Bezeichnung der Azimuthalstellungen werde ich mich der Ausdrucksweise Valentin's[1] bedienen, wobei 0° nach vorne, +45° nach rechts, —45° nach links liegt. Die Polarisationsebene des Polarisators wurde, dem früher Bemerkten entsprechend, stets auf 0° eingestellt.

Sehr häufig benützte ich eine Gypsplatte, welche zwischen gekreuzten Nicols Roth I. Ordnung gibt. Die Lage des Hauptschnittes der Platte wurde nach der von Valentin[2] angegebenen Methode bestimmt, und derselbe stets unter +45° orientirt.

Wo gleichzeitig von Drehungen um die verticale und die horizontale Axe die Rede ist, sind die ersteren durch ein *V.*, die

---

[1] Die Untersuchung etc. p. 109.

[2] L. c. p. 143.

letzteren durch ein H. kenntlich gemacht. 50° H. unter +45° V. bedeutet z. B. eine Drehung von 50° um die Horizontalaxe im Azimuthe +45°.

Den Ausdruck „Elasticitätsellipsoid" werde ich in demselben (ungewöhnlichen) Sinne, wie Nägeli und Schwendener[1] gebrauchen; nämlich anknüpfend an das Ellipsoid des Glases, wie es durch Druck und Zug aus der Kugel entsteht. Das Elasticitätsellipsoid der negativ einaxigen Krystalle ist nach dieser Auffassung ein an den Polen abgeplattetes, das der positiv einaxigen Krystalle dagegen ein in der Richtung der optischen Axe verlängertes Rotationsellipsoid. Die Bestimmung der Lage des Elasticitätsellipsoides geschah nach den von Nägeli und Schwendener gegebenen Anleitungen, auf welche ich hiemit verweise[2].

Es sollen nun zunächst die Polarisationserscheinungen, welche man am Oberschenkel des Frosches beobachten kann, beschrieben werden.

Die Durchmesser der Knochenkörperchen ergaben für erwachsene Thiere folgende Zahlen: langer Durchmesser 34—60 μ, mittlerer Durchmesser 6—12 μ, kurzer Durchmesser 3·5—6 μ.

Ein Querschliff durch die Mitte des schwach S-förmig gekrümmten Knochens, senkrecht gegen die Axe geführt, zeigt einen compacten Knochenring, der gegen die Markhöhle hin von einer ziemlich regelmässigen Kreislinie begrenzt ist (Fig. 1). Der Ring ist 0·4—0·7 Mm. dick und zeigt zu innerst die Durchschnitte ziemlich regelmässig concentrisch gelagerter Lamellen; lässt dagegen in seinem grösseren äusseren Abschnitte nur undeutlich die lamellöse Structur erkennen, so dass es unmöglich ist die Lamellen zu zählen. Ein solcher Querschliff besteht sozusagen nur aus umfassenden Lamellen und zeigt ein ganz ähnliches Bild, wie der Querschnitt eines Havers'schen Kanales mit seinen Speciallamellen von einem complicirteren

---

[1] Das Mikroskop p. 310 und Beiträge zur wissenschaftlichen Botanik. III. Hft. Leipzig 1863. p. 12.

[2] L. c.

Röhrenknochen eines höheren Thieres. Dieses ziemlich einfache Bild ändert sich aber, wenn man die Querschliffe aus der unteren Hälfte des Knochens entnimmt. Hier finden sich nämlich Gefässe, welche die compacte Knochensubstanz durchsetzen, um in die Markhöhle einzudringen. Die Gefässkanäle sind mit Speciallamellen umgeben und stören so die regelmässige Anordnung der umfassenden Lamellen.

Untersucht man an den zuerst erwähnten, nur aus umfassenden Lamellen bestehenden Querschliffen die Knochenkörperchen, so findet man dieselben gewöhnlich in den innersten Lamellen stark verlängert, 26—40 μ. lang und es ist demnach kein Zweifel, dass die langen Durchmesser der Knochenkörperchen hier senkrecht oder fast senkrecht auf der Längenrichtung des Knochens stehen. Die Zahl dieser Lamellen mit tangential laufenden Knochenkörperchen ist stets eine geringe; nicht selten hatte ich Querschliffe vor mir, an welchen ich sie gänzlich vermisste. Am besten ausgebildet sind sie stets in der oberen Hälfte des Mittelstückes dort, wo sich die erste Krümmung des Knochens befindet.

Alle folgenden Knochenlagen zeigen nun Knochenkörperchen, welche nur 8—14 μ. (im Mittel 8·9 μ.) lang und 4—6 μ. breit erscheinen und es lässt sich daraus schliessen, dass in den äusseren Lamellen die langen Durchmesser der Knochenkörperchen der Knochenaxe parallel, oder nur wenig geneigt gegen dieselbe verlaufen. Zwischen diesen äusseren Knochenlagen und den inneren mit quergerichteten Knochenkörperchen ausgestatteten Lamellen findet sich meistens eine scharfe Trennungslinie, welche muthmasslich von einer Pause in der Knochenablagerung herrührt; andere mehr — weniger scharf ausgeprägte Trennungslinien finden sich in der äusseren Knochenlage. Manchmal erscheinen die innersten Lamellen theilweise zerstört und von Howship'schen Lacunen wie ausgenagt.

Die Lage der Knochenkörperchen lässt sich durch Untersuchung von Querschliffen allein nicht genau bestimmen; Längsschliffe müssen ebenfalls zu Rathe gezogen werden. Fertigt man einen radialen Längsschliff an, so scheint es, dass die Knochenkörperchen in den äusseren Lamellen alle genau einander und der Knochenaxe parallel laufen. Allein solche radiale Längs-

schliffe, an welchen die Lamellen senkrecht durchschnitten sind und die Knochenkörperchen sich sämmtlich im Profile zeigen, sind nicht massgebend. Sie lassen nur die früher schon als allgemein giltig hingestellte Thatsache erkennen, dass die erste Hauptebene des Knochengewebes den Lamellen parallel läuft; die Lage der zweiten Hauptebene lässt sich aber an einem radialen Längsschnitte nicht genau bestimmen, da geringe Neigungen der langen Durchmesser der Knochenkörperchen in der Verticalebene der Beobachtung vollständig entgehen.

Die Lage dieser zweiten Hauptebene des Knochengewebes kann nur an tangentialen Längsschliffen, welche wenigstens zum Theile den Lamellen parallel geführt sind, so dass man die Knochenkörperchen von der Fläche sieht, mit Sicherheit erkannt werden. An solchen Längsschliffen zeigt sich nun, dass die zweite Hauptebene in den äusseren Lamellen fast überall dieselbe Lage hat und der Knochenaxe parallel läuft; man findet wenigstens grosse Strecken an solchen Schliffen, in welchen die langen Durchmesser der Knochenkörperchen keine grösseren Winkel als höchstens von 4°—10° bilden. An manchen Stellen steigen diese Winkel aber allerdings bis auf 12° und 24°.

Die Lage der Knochenkörperchen in den innersten Lamellen lässt sich an den tangentialen Flächenschliffen ebenfalls sicherer erkennen, als am Querschliffe. Man findet, dass ein sehr grosser Theil der Knochenkörperchen mit dem langen Durchmesser senkrecht zur Längsrichtung des Knochens verläuft. Ausser diesen finden sich aber noch andere, die in allen möglichen Richtungen zwischen 0° und 90° orientirt sind; doch behalten in einer und derselben Lamelle die Knochenkörperchen ziemlich dieselbe Richtung bei.

Die gegebene Beschreibung des Froschoberschenkels ist nur giltig für die obere Hälfte des Mittelstückes. In der unteren Hälfte des Knochens, sowie gegen die Gelenkenden hin, sind die Verhältnisse etwas andere. Namentlich erscheinen die Lamellen nicht so regelmässig geschichtet und sind oft gruppenweise gegen einander verworfen, so dass sie weder unter sich, noch mit der Knochenaxe parallel laufen.

Wählen wir zur Untersuchung zunächst einen radialen Längsschliff, an welchem die Knochenkörperchen in regel-

mässiger Anordnung im Längsprofile zu sehen sind. An einem solchen Schliffe steht die erste Hauptebene des Knochengewebes der Verticalaxe des Mikroskopes parallel, während die zweite Hauptebene senkrecht oder auch schief gegen dieselbe gelagert sein kann. Bringt man den Schliff bei gekreuzten Nicols auf den drehbaren Ring, so überzeugt man sich mit grosser Sicherheit, dass derselbe, wenn er genau nach dem langen Durchmesser der Knochenkörperchen orientirt wird, bei 0° und 90° dunkel, bei $\pm 45°$ aber im Maximum hell erscheint.

Die Schlüsse, welche man aus dieser Thatsache mit Bestimmtheit ziehen kann, sind: 1. dass die Knochengrundsubstanz doppeltbrechend wirkt; 2. dass eine der drei Elasticitätsaxen in der ersten Hauptebene des Knochengewebes liegt. Es lässt sich aber noch nicht entscheiden, ob diese Elasticitätsaxe mit der Längsrichtung der Knochenkörperchen zusammenfällt (also auch in der zweiten Hauptebene liegt) oder mit dieser einen Winkel bildet. Darüber müssen tangentiale Längsschliffe Aufschluss geben. Man sucht solche Stellen auf, wo die Knochenkörperchen genau in der Flächenansicht zu sehen sind und mit ihren Längsdurchmessern möglichst parallel laufen. An solchen Stellen fällt die zweite Hauptebene des Knochengewebes mit der Verticalaxe des Mikroskopes zusammen.

Man überzeugt sich nun wiederum an jedem zur Untersuchung geeigneten Schliffe, dass bei Orientirung des langen Durchmessers der Knochenkörperchen unter 0° und 90° der Schliff dunkel, unter $\pm 45°$ dagegen im Maximum hell erscheint. Daraus folgt, dass eine Elasticitätsaxe in der zweiten Hauptebene des Knochengewebes liegt. Nachdem wir aber früher gefunden haben, dass der ersten Hauptebene ebenfalls eine Elasticitätsaxe angehört, so folgt weiter, dass die Richtung einer Elasticitätsaxe mit dem langen Durchmesser der Knochenkörperchen zusammenfallen muss, denn dieser Durchmesser ist die einzige Linie, welche sowohl der ersten als der zweiten Hauptebene, als Durchschnittslinie, angehört.

Eine weitere Bestätigung erhält dieser Schluss durch die Erfahrungen, welche man beim Drehen der eben besprochenen radialen und tangentialen Längsschliffe um die, dem langen Durchmesser der Knochenkörperchen parallel gerichtete Hori-

zontalaxe macht. Man überzeugt sich stets, dass bei Orientirung der Längsdurchmesser der Knochenkörper unter 0° und 90° V. der Schliff am dunkelsten, bei $\pm 45°$ V. aber am hellsten erscheint, wenn man auch die Drehung um die Horizontalaxe bis auf 50° treibt.

Da die drei Elasticitätsaxen auf einander senkrecht stehen, so wissen wir nun auch durch die bisherigen Versuche, dass die beiden anderen Axen des Elasticitätsellipsoides in der dritten Hauptebene liegen müssen. Über die Lage dieser Axen in der dritten Hauptebene wissen wir aber noch ebensowenig, wie über die relativen Grössen der Durchmesser des Elasticitätsellipsoides. Die beschriebenen Drehungsversuche um die Horizontalaxe lassen nur noch den Schluss zu, dass keine der beiden in der dritten Hauptebene befindlichen Elasticitätsaxen der mit dem langen Durchmesser der Knochenkörperchen zusammenfallenden Axe gleich sei.

Es soll nun zunächst untersucht werden, welche relative Länge der einen, bereits räumlich bestimmten Axe des Elasticitätsellipsoides zukommt. Diese Aufgabe lässt sich dadurch lösen, dass einmal die erste und dann die zweite Hauptebene des Knochengewebes um die gegebene Elasticitätsaxe, respective um den Längsdurchmesser der Knochenkörperchen über der Gypsplatte Roth I. O. gedreht wird. Da der früher beschriebene Apparat Drehungen um die Horizontalaxe nach links und rechts bis zu Winkeln von mehr als 45° gestattet, so wird man, das einemal von der ersten, das zweitemal von der zweiten Hauptebene als Horizontalebene ausgehend, jede auf den langen Durchmesser der Knochenkörperchen senkrechte Richtung des Knochengewebes in jede beliebige Neigung zwichen 0° und 180° zur Horizontalebene bringen können. Es muss also auch möglich sein, sowohl die eine als die andere unbekannte Axe des Elasticitätsellipsoides, welche ja auf der bereits bekannten senkrecht stehen, gleichzeitig mit dieser letzteren in ihrer ganzen Länge in die wirksame Elasticitätsellipse[1] zu bringen.

---

[1] Unter wirksamer Elasticitätsellipse verstehen Nägeli und Schwendener (Mikroskop p. 313) den nach der jeweiligen Richtung der Axen verschiedenen Horizontaldurchschnitt des Elasticitätsellipsoides. Die

Um uns über die relative Länge der Axen der wirksamen Ellipse vor der Drehung zu unterrichten, orientiren wir die Gypsplatte Roth I. O. mit ihrem Hauptschnitte unter +45° V. Es liegt dann die lange Axe der wirksamen Elasticitätsellipse des Gypses unter +45°, die kurze unter —45°. Wird die lange Axe der wirksamen Elasticitätsellipse des Knochens mit der des Gypses gleich orientirt, so muss die Interferenzfarbe steigen; steht sie darauf senkrecht, so muss die Farbe sinken.

Man überzeugt sich leicht, dass sowohl Schliffe parallel der ersten als der zweiten Hauptebene des Knochengewebes constant ein ausgesprochenes Steigen der Farbe bedingen, wenn die Längsdurchmesser der Knochenkörperchen unter +45° orientirt sind, dagegen die Farbe sinken machen, wenn dieselben unter —45° dahin gehen.

Es ist also kein Zweifel, dass die lange Axe der wirksamen Elasticitätsellipse in beiden Ausgangsstellungen für die Drehung mit der bereits bekannten Axe des Elasticitätsellipsoides zusammenfällt. Ist nun eine der unbekannten Elasticitätsaxen der bekannten gleich oder grösser als dieselbe, so müsste man beim Drehen der Horizontalaxe im Azimuthe +45° unzweifelhaft ein Sinken der Interferenzfarbe, im Azimuthe —45° ein Steigen derselben beobachten. Die Versuche ergeben aber mit grosser Bestimmtheit stets das Gegentheil. Sowohl radiale als tangentiale Längsschliffe zeigen, wenn man die Knochenkörperchen mit dem langen Durchmesser unter +45° V. orientirt und nun den Schliff um die dem langen Durchmesser der Knochenkörperchen parallele Horizontalaxe des Apparates nach links und rechts bis zu 50° H. dreht, stets ein unzweifelhaftes Steigen der Farbe, wie es der durch das Drehen bedingten Verdickung der wirksamen Knochenschichte entspricht, man mag den Versuch so oft und an so vielen Stellen wiederholen, als man will. Ebenso constant sinkt die Farbe, wenn die Drehung um die Horizontalaxe im Azimuthe —45° erfolgt.

Lage und relative Länge der Axen dieser wirksamen Ellipse, die unter Umständen auch in einen Kreis übergehen kann, ist für die unter dem Polarisationsmikroskope zu beobachtenden Erscheinungen massgebend.

Aus diesen Versuchen geht unzweifelhaft hervor, dass die in der Längsrichtung der Knochenkörperchen dahingehende Axe des Elasticitätsellipsoides die längste ist.

Es handelt sich nun noch darum, die Lage und relative Länge der beiden kürzeren in der dritten Hauptebene befindlichen Elasticitätsaxen zu ermitteln, vorausgesetzt, dass in dieser Ebene überhaupt zwei Axen von verschiedener Länge vorhanden sind.

Untersucht man einen Querschnitt des Froschoberschenkels, wie solche früher beschrieben wurden, so darf man hoffen, in dem grössten Theile der äusseren Lamellen reine Querschliffe von Knochenkörperchen, mit anderen Worten die dritte Hauptebene in der Schliffebene zu haben. Überall kann dies allerdings nicht der Fall sein, da ja die langen Durchmesser der Körperchen, wie aus der früher gegebenen Beschreibung hervorgeht, nicht durchaus der Knochenaxe genau parallel laufen. Leider lässt sich am Querschliffe nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob an irgend einer, gerade ins Auge gefassten Stelle die Knochenkörperchen wirklich genau senkrecht zum langen Durchmesser durchschnitten sind. Dieser Umstand wird die Lösung der jetzt gestellten Aufgabe namentlich dann erschweren, wenn die beiden gesuchten Axen des Elasticitätsellipsoides nur wenig an Grösse verschieden sind. Es ist mir auch, wie ich gleich hier bemerken will, in der That nicht gelungen, mit Sicherheit zu entscheiden, ob in der dritten Hauptebene zwei verschiedene Elasticitätsaxen vorhanden sind oder nicht; mit anderen Worten, ob die Knochensubstanz optisch zweiaxig oder positiv einaxig ist.

Bringt man einen Querschliff zwischen gekreuzten Nicols auf den Drehring, so zeigt derselbe folgende Erscheinungen: Die innersten Lamellen des Knochenringes leuchten dort, wo die Tangente des Ringes unter $\pm 45°$ dahingeht, hell auf, erscheinen dagegen schwarz dort, wo die Tangente unter 0° und 90° orientirt ist. Dieser innerste Ring im Ganzen betrachtet zeigt also ein dunkles Kreuz auf hellem Grunde, dessen beide Arme, wenn der Ring genau kreisförmig ist, unter 0° und 90° orientirt sind. (Fig. 2.) Es erklärt sich dies einfach dadurch, dass in diesen innersten Lamellen, wo der lange Durchmesser der Knochen

körperchen tangential und senkrecht oder fast senkrecht zur Knochenaxe verläuft, auch die lange Axe des Elasticitätsellipsoides in derselben Richtung dahingeht. — Der äussere Theil des Knochenringes, wo die dritte Hauptebene des Knochengewebes in der Schliffebene liegt oder wenigstens an den meisten Stellen nur wenig gegen dieselbe geneigt ist, erscheint entweder fast gleichmässig dunkel oder zeigt dort, wo die Tangente des Knochenringes unter $\pm 45°$ orientirt ist, an einzelnen Stellen ein schwaches Aufleuchten. Beim Drehen des Schliffes um die Verticalaxe bleibt die Erscheinung im Allgemeinen dieselbe. Der äussere Theil des Ringes wirkt also grossentheils wie eine isotrope Substanz und verhält sich wie ein zur optischen Axe senkrecht geschliffenes, dünnes Plättchen eines einaxigen Krystalles. Dieser Versuch würde daher, mit Rücksicht auf den bereits gelieferten Nachweis, dass die längste Elasticitätsaxe jedenfalls parallel dem langen Durchmesser der Knochenkörperchen gerichtet ist, den Schluss gestatten, dass die Knochensubstanz positiv einaxig sei.

Allein die Probe zwischen gekreuzten Nicols bei dunklem Gesichtsfelde ist, wenn es sich um geringe Unterschiede der Helligkeit, um die niedrigsten Interferenzfarben I. O. handelt, nicht sehr empfindlich. Viel feinere Unterscheidungen sind nach dem Einschieben der Gypsplatte Roth I. O. möglich. Man findet dann in der Regel, wenn auch unbedeutende Farbenänderungen selbst an jenen Stellen des Schliffes, welche ohne Gypsplatte untersucht, unter allen Azimuthen fast gleichmässig dunkel erscheinen. Die inneren Lamellen des Knochenringes, in welchen die langen Durchmesser der Knochenkörperchen der Schliffebene parallel oder fast parallel laufen, erscheinen dort, wo diese Durchmesser (respective die Tangenten des Knochenringes) unter $+45°$ dahingehen, in Additionsfarben (Indigo II. O. bis Grün II. O.), wo sie dagegen unter $-45°$ orientirt sind, in Subtractionsfarben (Orange I. O. bis Weiss I. O.).

Jene Theile der inneren Lamellen, deren Knochenkörperchen mit ihren langen Durchmessern in den Azimuthen 0° und 90° verlaufen, erscheinen in der Farbe des Gypsgrundes. Dieser innere Theil des Ringes gibt also, im Ganzen betrachtet, nach der Ausdrucksweise Valentin's ein negatives Kreuz, indem

die beiden mit ihrer Halbirungslinie in der Richtung des Hauptschnittes der Gypsplatte orientirten Ringquadranten in sinkenden, die beiden mit ihrer Halbirungslinie senkrecht zum Hauptschnitte gestellten Quadranten dagegen in steigenden Interferenzfarben leuchten. Die Erklärung dieses Phänomens ergibt sich mit Leichtigkeit aus dem früheren, wenn man die Lage der wirksamen Elasticitätsellipsen in den innersten Knochenlamellen und in der Gypsplatte berücksichtigt.

Was nun den äusseren, grösseren Theil des Knochenringes anbelangt, so muss ich zunächst bemerken, dass ich niemals einen Schliff vor mir hatte, wo derselbe auf der Gypsplatte sich vollständig neutral verhielt. In der Regel gibt auch dieser Theil ein sogenanntes negatives Kreuz wie die innersten Lamellen, nur ist hier in diesem äusseren Ringabschnitte das Steigen und Sinken der Interferenzfarben so unbedeutend, dass es im Vergleiche zu den brillanten Farben des inneren Ringabschnittes kaum merklich ist. Das Purpurroth der Gypsplatte steigt zu Violett und sinkt zu Roth, nur an wenigen Stellen des Ringes bekommt man beim Drehen auch Indigo II. O. und Orange I. O. zu sehen. Bisweilen, obwohl seltener, bekommt man Querschliffe, die gerade entgegengesetzte Erscheinungen zeigen, nämlich ein schwach positiv gefärbtes Kreuz. Die Interferenzfarbe steigt nämlich ein wenig dort, wo der Durchmesser des Ringes mit dem Hauptschnitte des Gypses zusammenfällt, sinkt dagegen ein wenig, wo der Durchmesser senkrecht zu demselben gerichtet ist.

Untersucht man solche Querschliffe mit stärkeren Vergrösserungen (300—400mal), so überzeugt man sich, dass die Scheiden der Knochenkanälchen verhältnissmässig positiv wirken, während die übrige Knochengrundsubstanz ganz neutral zu sein scheint. Diese Knochenkanälchenscheiden erscheinen nämlich violett II. O. bis blau II. O., wenn die Knochenkanälchem dem Hauptschnitte des Gypses parallel unter $+45°$ dahingehen, dagegen roth I. O. bis orange I. O., wenn sie unter $-45°$ dahingehen. Es sind also in den Scheiden der Knochenkanälchen die doppeltbrechenden Elemente anders orientirt, als in der übrigen Knochengrundsubstanz, eine Thatsache, die zwar an und für sich sehr interessant ist, allein eine genauere Bestimmung der optischen Axe des Knochengewebes unmöglich macht, da wir nun-

mehr wissen, dass selbst in den kleinsten Schliffabschnitten, die noch mit dem Polarisationsmikroskope untersucht werden können, die Lage des Elasticitätsellipsoides innerhalb kurzer Strecken wechselt.

Es soll daher im Folgenden nicht der Versuch gemacht werden, den Beweis zu führen, dass die Knochengrundsubstanz optisch einaxig oder optisch zweiaxig sei; ich werde mich vielmehr begnügen darzuthun, dass die Annahme, das der Knochensubstanz zukommende Elasticitätsellipsoid sei ein an den Polen verlängertes Rotationsellipsoid, wie es den positiv einaxigen Krystallen entspricht, genügt, um alle am Knochen zu beobachtenden Polarisationserscheinungen vollkommen befriedigend zu erklären.

Ich stelle mir vor, dass in der Hauptmasse des Knochengewebes das Elasticitätsellipsoid mit seiner Rotationsaxe dem langen Durchmesser der Knochenkörperchen parallel gerichtet sei, und nur in einer dünnen Zone um die Knochenkanälchen herum (Scheiden der Knochenkanälchen) mit seiner Axe dem Verlaufe dieser Kanälchen folge. Diese Annahme erklärt zunächst die eigenthümliche discontinuirliche Vertheilung der Interferenzfarben am reinen Querschliffe, der vollkommen senkrecht zum langen Durchmesser der Knochenkörperchen geführt ist. Als solchen Querschliff betrachte ich denjenigen, der eben Interferenzfarben an den Scheiden der Knochenkanälchen zeigt. An solchen Schliffen wird die Hauptmasse des Knochengewebes unwirksam, wie ein isotroper Körper, und es können desshalb die wegen ihrer sehr geringen Dicke nur schwach doppeltbrechenden Scheiden der Knochenkanälchen, die ja grösstentheils radiär verlaufen, zur Wirkung kommen. Sind die Knochenkörperchen nicht genau parallel (und es ist, wie aus dem früheren hervorgeht, die Regel, dass die Knochenkörperchen in der Ebene der Lamellen etwas von der Richtung der Knochenaxe abweichen), so wird durch die Neigungen der optischen Axen in den vertical stehenden Lamellenebenen eine Doppeltbrechung eintreten, die wegen der relativ sehr grossen Dicke der wirksamen Schichte sehr rasch die schwache Doppeltbrechung der Knochenkanälchenscheiden überwiegen wird. Die Interferenzfarbe muss natürlich abhängen von der Richtung, in welcher die optische Axe geneigt

ist. Diese Richtung ist stets tangential und es steigt daher die Interferenzfarbe, wenn die Tangente des Knochenringes mit dem Hauptschnitte des Gypses gleichgerichtet ist, und sinkt im entgegengesetzten Falle. Der Fall, dass die beiden entgegengesetzten Wirkungen der Knochenkanälchenscheiden und geringer Neigungen der Knochenkörperchen gegen die Verticale in der ganzen Ausdehnung eines Schliffes sich vollständig gleichmässig compensiren, ist kaum denkbar; ich habe ihn auch in der That nie beobachtet.

Dreht man einen möglichst neutral wirkenden Knochenring über der Gypsplatte unter $\pm 45°$ V. um die Horizontalaxe, so tritt bald ein Steigen oder Sinken der Interferenzfarbe ein, das zuerst einzelne Stellen des Schliffes, bald aber den ganzen Knochenring ziemlich gleichmässig betrifft. Ist die Drehungsaxe unter $-45°$ V. orientirt, so erscheinen Additionsfarben; unter $+45°$ V. dagegen Subtractionsfarben. An einer Reihe von Querschliffen des Froschoberschenkels musste die Drehung 15°—20° H. nach links oder rechts betragen, damit der ganze Schliff (abgesehen vom innersten Ringe) bei Orientirung der Drehungsaxe unter $+45°$ V. ziemlich gleichmässig Rothorange bis Orange I. O., unter $-45°$ V. ziemlich gleichmässig Violett bis Indigo II. O. zeigte. Dabei erwies es sich als ziemlich gleichgiltig, welcher Radius des Knochenringes in die Drehungsaxe gebracht wurde, wenigstens konnte ich keine constanten Unterschiede in den Winkelwerthen auffinden, je nachdem ich eine bestimmte Stelle des Knochenringes einmal um die radiale, ein zweitesmal um die tangentiale Richtung drehte. Doch kann natürlich ein so wenig empfindliches Verfahren keine sicheren Beweismittel weder für, noch gegen die optisch einaxige Beschaffenheit der Knochengrundsubstanz abgeben, ich muss mich wiederum begnügen, zu zeigen, dass sich die Erscheinungen beim Drehen um die Horizontalaxe durch die von mir gemachte Annahme vollständig erklären lassen.

Beim Drehen um die Horizontalaxe müssen, den vollständigen Parallelismus der optischen Axen in der ganzen Ausdehnung des Schliffes unter sich und zur Knochenaxe vorausgesetzt, in allen Punkten des Schliffes die optischen Axen sich im gleichen Sinne neigen und zwar in Verticalebenen, die senkrecht zur

Drehungsaxe gerichtet sind, so dass also wirksame Elasticitätsellipsen entstehen, deren lange Axen sämmtlich auf der Drehungsaxe senkrecht stehen. Fällt nun die Drehungsaxe mit der langen Axe der wirksamen Ellipse der Gypsplatte zusammen, so muss die Interferenzfarbe sinken, stehen aber diese beiden Richtungen senkrecht zu einander, so muss die Farbe steigen, wie dies in der That der Fall ist.

Man könnte nun vielleicht erwarten, dass an jenen Stellen des Ringes, an welchen die Tangentialrichtung der Drehungsaxe parallel läuft, die steigenden und sinkenden Farben bereits bei einem kleineren Drehungswinkel erreicht werden, als an jenen Stellen, an welchen der Radius des Knochenringes der Drehungsaxe entspricht. Denn in dem ersten Falle wirken die Scheiden der Knochenkanälchen in demselben, im zweiten Falle im entgegengesetzten Sinne, wie die Drehung an und für sich. Allein bei der Beobachtung lässt sich eine solche Wirkung nicht constatiren, da andere Momente, wie unvollständiger Parallelismus der Knochenkörperchen und ungleiche Dicke des Schliffes, Störungen der unregelmässigsten Art hervorrufen, welchen gegenüber die sehr schwache Wirkung der Scheiden der Knochenkanälchen gar nicht mehr zum Ausdruck kommen kann.

Es verdient nochmals hervorgehoben zu werden, dass die Erscheinungen am reinen Querschliffe, senkrecht zur Längsaxe der Knochenkörperchen, die optisch einaxige Beschaffenheit der Knochengrundsubstanz durchaus nicht zwingend beweisen. Die Erscheinungen würden vielmehr dieselben sein können, wenn in der dritten Hauptebene des Knochengewebes zwei verschiedene Elasticitätsaxen vorhanden wären, und es könnte die relative Grössendifferenz eine ganz erhebliche sein, ja ebenso bedeutend, wie man sie an exquisit zweiaxigen Krystallen findet. Da man neutrale Stellen vom Oberschenkel des Frosches nach links und rechts 15°—20° um die Horizontalaxe drehen kann, bis eine unzweifelhafte Änderung der anfangs neutralen Interferenzfarbe eintritt, so kann nur mit Sicherheit ausgeschlossen werden, dass, falls der Knochen optisch zweiaxig ist, die optischen Axen einen Winkel einschliessen, der 15°—20° übersteigt. Es könnten also die optischen Axen zum langen Durchmesser der Knochenkörperchen, respective zur langen Axe des Elasticitätsellipsoides unter

Winkeln von $7^1/_2°$—10° geneigt sein. Es ist auch nicht zu leugnen, dass von vornherein die Wahrscheinlichkeit, der Knochen sei optisch zweiaxig, eine grosse ist. Wir finden nämlich in der dritten Hauptebene des Knochengewebes in zwei aufeinander senkrechten Richtungen die Structur verschieden. In der einen Richtung die kurzen Durchmesser der Knochenkörperchen und übereinander geschichtete Lamellen, in der zweiten Richtung die mittleren Durchmesser der Knochenkörperchen, welche in der Ebene der Lamellen verlaufen. Es ist nicht sehr wahrscheinlich, dass die Ätherdichtigkeit in diesen beiden Richtungen dieselbe sei, und ich ging auch in der Erwartung an die Untersuchung des Querschliffes, die Knochensubstanz optisch zweiaxig zu finden. Da sich aber alle Erscheinungen, die ich beobachten konnte, durch die Annahme, die Knochensubstanz sei positiv einaxig, ganz ungezwungen erklären lassen, so halte ich es für vollständig gerechtfertigt, wenn ich dieser einfacheren Voraussetzung den Vorzug gebe.

Wir wenden uns nun zur Betrachtung der Schrägschliffe. Schliffe, die nicht genau senkrecht zur Knochenaxe geführt sind, werden dieselben Erscheinungen zeigen müssen, wie um die horizontale Axe gedrehte Querschliffe. Man beobachtet auch in der That, dass jener Theil des Knochenringes, der am reinen Querschliffe neutral erscheint, an Schliffen, die unter Winkeln von 70°—75° gegen die Knochenaxe geneigt sind, bereits deutlich ein Steigen oder Sinken der Interferenzfarbe zeigt, je nachdem jene Normalebene des Schliffes, in welche die Knochenaxe fallen würde, unter +45° V. oder —45° V. über der Gypsplatte orientirt ist. Dabei erscheint die Farbe wieder über den ganzen Knochenring, der bei den angegebenen Schliffwinkeln noch nicht auffällig von der Kreisform abweicht, ziemlich gleichmässig ausgebreitet. Stärker geneigte Schrägschliffe zeigen das Steigen und Sinken der Interferenzfarben in den angegebenen Stellungen noch weit ausgesprochener.

Eine besondere Berücksichtigung verdienen noch die Erscheinungen, welche an Längsschliffen des Froschoberschenkels in der innersten, grösstentheils querliegende Knochenkörperchen enthaltenden, Knochenlage auftreten.

An radialen Längsschliffen werden die innersten Lamellen im Allgemeinen senkrecht zur Längsrichtung der Knochenkörperchen getroffen und es werden daher diese Lamellen die Farbe des Sehfeldes beim Drehen um die Verticalaxe nur wenig ändern; doch immerhin mehr als die äussere Knochenzone am Querschliffe, da die Knochenkörperchen in den innersten Lamellen zum Theil in sehr stark wechselnden Richtungen verlaufen. Die Beobachtung ergibt, diesen Voraussetzungen entsprechend, eine im Vergleiche zum Längsschliffe der äusseren Knochenzone nur schwach doppeltbrechende Wirkung dieser innersten Lamellen, wenn sie parallel zur Knochenaxe senkrecht durchschnitten sind.

An tangentialen Längsschliffen, in welchen die innersten Lamellen neben äusseren mehr weniger vollkommen mit ihrer Fläche in die Schliffebene fallen können, hat man mitunter Streifen von Knochensubstanz nebeneinander, in welchen die langen Durchmesser der Knochenkörperchen und daher nach meiner Annahme auch die optischen Axen senkrecht gegeneinander gerichtet sind. Die beiden Streifen müssen daher gerade entgegengesetzte Interferenzfarben zeigen. Man sieht auch in der That, wenn die Streifen unter $\pm 45°$ über der Gypsplatte orientirt sind, den einen in Additions-, den anderen in Subtractionsfarben und zwar immer denjenigen Streifen in der steigenden Farbe, dessen Knochenkörperchen mit ihren langen Durchmessern dem Hauptschnitte des Gypses gleich gerichtet sind. An tangentialen Längsschliffen kann aber auch eine Schichte Knochensubstanz mit querlaufenden Knochenkörperchen über oder unter einer Schichte Knochensubstanz mit längslaufenden Knochenkörperchen liegen. Sind diese Schichten gleich dick, so müssen sie sich in ihrer doppeltbrechenden Wirkung gegenseitig aufheben und der Schliff wird in allen Azimuthen neutral erscheinen. Dies lässt sich nun in der That beobachten, wenn auch immer nur an beschränkten Stellen, in deren Umgebung steigende und sinkende Interferenzfarben verschiedenster Art fleckenweise zu sehen sind. Diese Erscheinung muss unser Interesse besonders desshalb in Anspruch nehmen, weil Valentin auf ähnliche, begreiflicher Weise selten zu machende Beob-

achtungen[1] die Annahme gründete, die optische Axe der Knochengrundsubstanz stehe senkrecht auf den Lamellen. Allein da die im Vorhergehenden mitgetheilten Beobachtungen mit der Vorstellung Valentins nicht in Einklang zu bringen sind, so muss die Deutung, welche der genannte Forscher der in Rede stehenden Erscheinung gegeben hat, als gänzlich unzulässig bezeichnet werden. Man sucht bei Valentin vergeblich nach einer Erklärung der auch von ihm constatirten Thatsache, dass Querschnitte von Lamellensystemen unter Umständen nur ganz schwach doppeltbrechend oder geradezu neutral wirken. Valentin hat unter anderem auch den Oberschenkel des Frosches untersucht[2]. Er bezeichnet die von mir als innere Lamellen beschriebene Schichte als mittleres Ringband und unterscheidet nach innen von diesen Lamellen noch als besondere Lage die wellig begränzte Masse, die aus unregelmässig vertheilten spongiösen Knochenblättchen und Resten des Knochenmarkes besteht. In den äusseren Lamellen fand nun auch Valentin eine neutrale Wirkung an „vielen Stellen"! Die Erscheinungen, welche Valentin am Längsschliffe des Froschoberschenkels beschreibt, beziehen sich auf diese äusseren, die Hauptmasse des Knochens bildenden Lamellen. Valentin combinirt aber ungerechtfertigter Weise das, was er am Längsschliffe sieht, mit dem, was er am Querschliffe im Bereiche des ganz schmalen, nicht einmal constanten mittleren Ringbandes beobachtete und schenkt der breiten, am Querschliffe fast neutral wirkenden, äusseren Ringzone gar keine weitere Beachtung. Durch dieses Combiniren von Erscheinungen, die nicht aufeinander bezogen werden dürfen, musste Valentin begreiflicherweise zu ganz unrichtigen Schlussfolgerungen gelangen.

Die Resultate, welche sich bei der Untersuchung des Froschoberschenkels ergeben haben, können uns nun als Anhaltspunkt zur Erklärung der Erscheinungen dienen, welche man an complicirter gebauten Knochen beobachten kann.

---

[1] Die Untersuchung etc. p. 261.

[2] L. c. p. 256.

Ich werde im Folgenden, immer unmittelbar anknüpfend an die Beobachtung, dieselbe mit Hilfe meiner Annahme zu erklären suchen. Fassen wir zunächst die an einem möglichst senkrecht zur Knochenaxe geführten Querschliffe durch die Diaphyse eines menschlichen Röhrenknochen zahlreich zu beobachtenden Havers'schen Kanäle mit ihren Speciallamellen ins Auge, so fällt vor Allem das ziemlich wechselvolle Bild auf, das sowohl an einem und demselben Schliffe, namentlich aber bei der Untersuchung einer grösseren Reihe von Schliffen sich darbietet.

Einmal kommen Havers'sche Lamellensysteme vor, welche in ihrer ganzen Ausdehnung neutral oder fast neutral wirken und dieses Verhalten beim Drehen um die Verticalaxe nicht ändern. Es können ferner die Speciallamellensysteme in ihrer ganzen Ausdehnung ein schwach positives oder ein schwach negatives Kreuz geben, mit anderen Worten, es können das einemal jene Theile des Ringes, deren Radien dem Hauptschnitte der Gypsplatte gleichgerichtet sind, schwach steigende, das anderemal schwach sinkende Interferenzfarben zeigen. Alle diese Erscheinungen sind vollkommen jenen analog, welche man am äusseren Ringe des Froschoberschenkels beobachtet und erklären sich auch ganz in derselben Weise.

Speciell hervorzuheben dürfte sein, dass auch an menschlichen Knochen bei starken Vergrösserungen an hiezu geeigneten Präparaten die schwach doppeltbrechende Wirkung der Knochenkanälchenscheiden zu beobachten ist. Dreht man neutral wirkende Querschliffe Havers'scher Lamellen um die Horizontalaxe unter $\pm 45°$ V., so nehmen sie in ihrer ganzen Ausdehnung dieselbe steigende oder sinkende Interferenzfarbe an. Dabei ist zu bemerken, dass man nicht selten auch in ihrer ganzen Ausdehnung nahezu ganz gleichmässig neutral wirkende Havers'sche Lamellensysteme trifft, bei welchen eine Drehung von 10°—12° H. nach links und rechts genügt, um ein ziemlich gleichmässiges Violett II. O. ($-45°$ V.) oder Rothorange I. O. ($+45°$ V.) zu erzielen. Dabei ist es ziemlich gleichgiltig, welcher Durchmesser des Havers'schen Ringsystemes in der Drehungsaxe liegt.

Wir haben es in den bisher betrachteten Fällen ohne Zweifel mit Speciallamellen zu thun, deren Knochenkörperchen mit

ihrem langen Durchmesser parallel oder nahezu parallel mit der Axe des Havers'schen Kanales verlaufen. Stellt man diese Untersuchungen an gut geglätteten trockenen Schliffen an, so überzeugt man sich leicht, dass die in der Schliffebene befindlichen Durchmesser der Knochenkörperchen in der That diejenigen Dimensionen zeigen, welche nach Messungen an Flächenschliffen dem mittleren und dem kurzen Durchmesser der Knochenkörperchen zukommen. So fand ich beispielsweise an neutral wirkenden Querschliffen Havers'scher Lamellen von einer menschlichen Tibia den Durchmesser der Knochenkörperchen 7·5 μ. bis 11 μ., im Mittel 9·2 μ. lang (Mittel aus vierzig Messungen). Die Bestimmung des mittleren Durchmessers der Knochenkörperchen an geeigneten Längsschliffen von derselben Tibia ergab 7·5 μ. bis 11·3 μ., im Mittel 9·7 μ. und es ist demnach kein Zweifel, dass die an den erwähnten neutral wirkenden Querschliffen vorliegenden Durchmesser der Knochenkörperchen in der That den mittleren Durchmessern der Knochenkörperchen entsprechen.

Mit Rücksicht auf die grosse Übereinstimmung der Zahlen lässt sich annehmen, dass an vielen solchen neutralen Querschliffen Havers'scher Lamellen der Parallelismus der langen Durchmesser der Knochenkörperchen unter sich und mit der Knochenaxe ein fast vollkommener sei.

Die Gleichmässigkeit, mit welcher solche Lamellen die Farbe des Gypsgrundes wiedergeben, ist dementsprechend eine ausgesprochenere, als am Oberschenkel des Frosches.

Wir wenden uns nun zu anderen Bildern. Manchmal findet man, meist mehr — weniger deutlich elliptische, Durchschnitte Havers'scher Lamellensysteme, welche mit der langen Axe der Ellipse unter +45° orientirt steigende, unter —45° sinkende Interferenzfarben zeigen und zwar Farben, die über die ganze Ellipse gleichmässig verbreitet sind. Diese Ellipsen, die man namentlich an Schrägschliffen von Röhrenknochen regelmässig zu sehen bekommt, zeigen also dieselbe Erscheinung, wie neutral wirkende Querschliffe Havers'scher Lamellen, welche um die Horizontalaxe gedreht werden und es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass es schief zum Verlaufe des Havers'schen Kanales durchschnittene Speciallamellen sind, in welchen die langen

Durchmesser der Knochenkörperchen dem Havers'schen Kanale parallel laufen. Eine kurze Überlegung zeigt, dass in einem solchen Schrägschliffe die optische Axe überall nach derselben Richtung hin geneigt sein muss, und dass daher über das ganze Speciallamellensystem beim Drehen über der Gypsplatte um die verticale Axe die wechselnden Interferenzfarben sich gleichmässig ausbreiten müssen. Der directe Beweis, dass die in der eben geschilderten Weise sich verhaltenden elliptischen Durchschnitte Havers'scher Lamellensysteme in der That schiefe Durchschnitte von Lamellen sind, die im reinen Querschnitte neutral wirken würden, wird durch Drehungsversuche um die Horizontalaxe geliefert.

Die Beschreibung eines solchen Versuches wird dies am besten klar machen. In einem Schrägschliffe von einer menschlichen Tibia, welcher beiläufig unter 45° gegen die Knochenaxe geneigt ist, fand sich ein elliptischer Durchschnitt eines Speciallamellensystemes, der in seiner ganzen Ausdehnung Blau II. O. oder Gelb I. O. zeigte oder aber neutral erschien, je nachdem die lange Axe der Ellipse unter +45° V. oder unter —45° V. oder endlich unter 0° und 90° V. orientirt wurde. Es wurde nun die kurze Axe der Ellipse in die horizontale Drehungsaxe gebracht, so dass der Schliff, wenn die Drehungsaxe unter 0° oder 90° V. eingestellt wurde, vollständig neutral erschien. Hierauf wurde die Drehungsaxe in das Azimuth +45° gebracht, so dass die Lamellen lebhaft gelb I. O. erschienen. Wurde nun um 50° H. nach rechts gedreht, so fiel die Farbe auf Weiss I. O., wurde dagegen um 50° H. nach links gedreht, so stieg die Farbe bis zu Roth I. O., der Farbe des Gypsgrundes, und behielt nun diese Farbe beim Drehen um die Verticale in allen Azimuthen. Wurde die Horizontalaxe unter —45° V. orientirt, so stieg die Farbe beim Drehen um 50° H. nach rechts bis auf Blaugrün II. O. und sank beim Drehen um 50° H. nach links bis zur Farbe des Gypsgrundes. Man konnte auch deutlich sehen, wie beim Drehen nach rechts die Knochenkörperchen länger wurden, während sie beim Drehen nach links sich verkürzten.

Die ausführliche Besprechung dieser Thatsachen halte ich desswegen für nothwendig, weil W. Müller sich irrigerweise

vorstellte[1], dass im reinen Querschliffe neutral wirkende Speciallamellensysteme, wenn sie etwas schräg durchschnitten werden, zur Entstehung von dunklen Kreuzen und Interferenzringen, wie sie an senkrecht zur optischen Axe geschliffenen einaxigen Krystallen auftreten, Anlass geben werden. Die theoretische Betrachtung lehrt, dass dies nicht möglich ist und die geschilderten Erscheinungen an neutralen Querschliffen, welche um die Horizontalaxe gedreht werden, sowie die damit übereinstimmenden Erscheinungen an den eben besprochenen Schrägschliffen, zeigen auch thatsächlich auf das Bestimmteste, dass eine gleichmässige Neigung der optischen Axe zur Verticalen, in einem Havers'schen Lamellensysteme immer nur eine gleichmässig ausgebreitete Interferenzfarbe hervorruft, mag nun die Neigung der Axen durch Drehung eines Querschliffes um die Horizontalaxe oder durch einen Schrägschliff bedingt sein.

Was hat es aber mit den Kreuzen für eine Bewandtniss, die man in der That gar nicht selten an Querschliffen Havers'scher Lamellensysteme zu sehen bekommt? Wir wollen sogleich die Erscheinungen ins Auge fassen, wie sie bei gekreuzten Nicols und eingelegter Gypsplatte auftreten. Manche fast kreisrunde Havers'sche Ringsysteme werden durch ein Kreuz, dessen Schenkel den Polarisationsebenen der Nicols entsprechen und das den rothen Gypsgrund wiedergibt, in vier Quadranten getheilt, von welchen die beiden unter —45° dahingehenden steigende, die beiden unter +45° dahingehenden aber sinkende Interferenzfarben zeigen; also dasselbe, was wir am inneren Ringe des Froschoberschenkels gesehen haben. Die Erscheinung lässt sich auch ganz auf dieselbe Weise erklären, wie dort. An Havers'schen Lamellen, welche ein solches ausgesprochenes negatives Kreuz zeigen, sind eben die Knochenkörperchen mit ihren langen Durchmessern tangential und senkrecht oder fast senkrecht gegen die Längsrichtung des Havers'schen Kanales gestellt und die optische Axe oder der wirksame Durchschnitt derselben läuft daher in diesem Falle tangential, ändert also in demselben Sinne, wie die Tangente des Kreises, von Punkt zu Punkt ihre Richtung. Wo also der längere Durchmesser der

[1] L. c. p. 188.

Knochenkörperchen dem Hauptschnitte des Gypses parallel geht, muss die Farbe steigen, wo er dagegen darauf senkrecht steht, muss die Farbe sinken und die Kreisfläche ist daher dort, wo ihr Radius unter +45° orientirt ist, mit den tiefsten Subtractionsfarben, dort aber, wo der Radius unter −45° dahingeht, mit den höchsten Additionsfarben gefärbt.

Zahlreiche Messungen haben mich von der Richtigkeit dieser Erklärung überzeugt. Die längeren, tangential laufenden Durchmesser der Knochenkörperchen an solchen, exquisite negative Kreuze zeigenden Havers'schen Ringsystemen betrugen 15—27 μ., im Mittel 20·3 μ. (Mittel aus siebenzig Messungen). Die langen Durchmesser der Knochenkörperchen derselben Tibia an Flächenschliffen betrugen 23—40 μ., im Mittel 32·2 μ. (Mittel aus vierzig Messungen). Daraus folgt, dass in diesen Ringsystemen jedenfalls kein Knochenkörperchen dem Havers'schen Kanale vollkommen parallel läuft, da schon die Minimalziffer des Durchmessers (15 μ.) die Maximalziffer des mittleren Durchmessers der Knochenkörperchen (11·3 μ., vergl. p. 132) merklich übersteigt. Dagegen sind vollkommen senkrecht zur Knochenaxe gerichtete Knochenkörperchen offenbar selten, da die Mittelzahl des längeren Durchmessers der Knochenkörperchen aus den in Rede stehenden Ringsystemen (20·3 μ.) ziemlich weit unter der an Längsschliffen sich ergebenden Mittelzahl des langen Durchmessers (32·2 μ.) zurückbleibt.

Ausser diesen regelmässigen Kreuzen, die sowohl von W. Müller, als von Valentin gesehen und, von jedem in einem anderen Sinne, unrichtig gedeutet wurden, kommen nun noch eine ganze Reihe verschiedenartiger Bilder an Havers'schen Ringsystemen vor, die theils Modificationen, theils Combinationen der beiden besprochenen typischen Polarisationsbilder (1. neutrale Ringe, 2. Kreuze) darstellen.

Sehr gewöhnlich finden sich Kreuze, deren beide Schenkel sich schiefwinkelig durchschneiden. Dies ist dann der Fall, wenn der Querschliff eines Havers'schen Lamellensystems nicht genau kreisförmig, sondern mehr weniger unregelmässig gestaltet ist. Man überzeugt sich jedoch auch an diesen Kreuzen, dass in den neutralen Kreuzesschenkeln die Richtungen der längeren Durchmesser der Knochenkörperchen mit einer der Polarisations-

ebenen der Nicols zusammenfallen, wie dies meiner Annahme gemäss der Fall sein muss.

Sehr oft, ja in der Mehrzahl der Fälle, hat ein Theil der Lamellen eines Havers'schen Ringsystemes Knochenkörperchen, welche der Kanalaxe nahezu parallel laufen, während in den übrigen Lamellen dieselben mehr weniger gegen die Richtung des Havers'schen Kanales geneigt sind. Häufig finden sich die tangential gerichteten Knochenkörperchen innen, wie am Oberschenkel des Frosches. Man sieht dann, wie dort, innen ein negatives Kreuz, das nach aussen von einer neutralen Ringzone umgeben ist. Seltener ist die neutrale Zone nach innen und das Kreuz nach aussen gelegen. Sind Havers'sche Räume *(Haversian spaces)* vorhanden, so markiren sich dieselben oft ungemein scharf, da gewöhnlich an solchen Stellen die Richtung der Knochenkörperchen sich plötzlich ändert. Eigenthümliche Bilder entstehen, wenn abwechselnd in unmittelbar aufeinander folgenden Ringlamellen die Knochenkörperchen verschiedene Richtungen einhalten. Es markiren sich dann die Lamellen ungemein deutlich, da sie abwechselnd verschiedene Interferenzfarben zeigen. An manchen Havers'schen Ringsystemen wechseln Lamellen mit senkrecht zum Längsdurchmesser durchschnittenen Knochenkörperchen mit Lamellen ab, in welchen die Knochenkörperchen mehr weniger der Länge nach durchschnitten sind. Man erhält dann ein System von abwechselnd neutralen und gefärbten Ringen, so dass man glauben könnte, es wechseln einfach- und doppeltbrechende Lamellen mit einander ab.

Vergleichende Messungen der Knochenkörperchen an solchen Ringsystemen sind mit einigen Schwierigkeiten verbunden, da oft in einer Ringlamelle nur Ein, manchmal auch gar kein Knochenkörperchen zu sehen ist. Nicht selten stehen die Knochenkörperchen an der Grenze zweier Lamellen und es frägt sich dann, welcher Lamelle sie zuzurechnen sind. Indessen habe ich doch an grösseren derartigen Ringsystemen eine Reihe von Messungen ausgeführt. Dieselben ergaben für den längeren Durchmesser der Knochenkörperchen in den neutral oder fast neutral wirkenden Lamellen 9—14 μ., im Mittel 11·3 μ., in den deutlich gefärbten Lamellen dagegen 19—30 μ., im Mittel

22·3 μ. (Die Mittelzahlen sind aus je 10 Messungen entnommen; das Präparat stammte von derselben Tibia, an der auch die früher p. 132 und 135 aufgezeichneten Messungen ausgeführt wurden.) Es zeigt sich also auch hier wieder, dass an den neutralen Stellen die Knochenkörperchen nahezu senkrecht zum Längsdurchmesser durchschnitten sind, während sie in den gefärbten Lamellen fast quer laufen.

Nach der ausführlichen Besprechung der Polarisationserscheinungen, welche an den Havers'schen Lamellen zu beobachten sind, kann ich mich nun bezüglich der Schalt- oder Grundlamellen, sowie der umfassenden Lamellen kurz fassen. (Vergl. Fig. 3 und 4.)

Senkrecht zu ihrer Fläche durchschnittene Lamellen erscheinen über der Gypsplatte Roth I. O. entweder neutral oder in Interferenzfarben. An neutralen Lamellensystemen überzeugt man sich wieder durch Messungen, dass die Knochenkörperchen senkrecht zu ihrem langen Durchmesser durchschnitten sind. Die doppelt brechend wirkenden Lamellensysteme zeigen Additionsfarben, wenn der längere Durchmesser der Knochenkörperchen mit dem Hauptschnitte der Gypsplatte zusammenfällt, dagegen Subtractionsfarben, wenn dieser Durchmesser senkrecht zum Hauptschnitte steht; und erscheinen endlich in der Farbe des Grundes, wenn dieser Durchmesser unter 0° und 90° orientirt ist. Diese Erscheinungen erklären sich wieder durch die mittelst Messungen leicht festzustellende Thatsache, dass in solchen Lamellen die langen Durchmesser der Knochenkörperchen mehr weniger vollkommen in der Schliffebene liegen. Sind in aufeinander folgenden Lamellen die Knochenkörperchen verschieden gerichtet, so sind auch die Interferenzfarben in den einzelnen Lamellen ungleich und es können unter Umständen auch hier wieder neutrale und doppelt brechende Lamellen mit einander abwechseln.

An Querschliffen trifft man bisweilen Lamellensysteme, die, abweichend von der Regel, sinkende Interferenzfarben zeigen, wenn sie, respective die längeren Dimensionen ihrer Knochenkörperchen, dem Hauptschnitte des Gypses parallel stehen, dagegen in steigenden Farben leuchten, wenn sie senkrecht zur genannten Richtung orientirt werden. Diese Erscheinung wird

begreiflich durch die Annahme, dass der Schliff ein Lamellensystem mit parallel gerichteten Knochenkörperchen schräg, jedoch parallel zum mittleren Durchmesser durchschnitten habe. Messungen zeigen auch in der That, dass die längere Dimension der Knochenkörperchen an solchen Lamellensystemen dem mittleren Durchmesser der Knochenkörperchen entspricht. Bisweilen findet man Durchschnitte von Lamellensystemen, die beim Drehen um die Verticale neutral erscheinen, wenn die Richtung der Lamellen nicht genau mit der Polarisationsebene eines Nicols zusammenfällt, sondern mit dieser einen Winkel bildet. Diese Erscheinung findet ihre vollständige Analogie in dem Verhalten neutral wirkender Havers'scher Ringsysteme, wenn man dieselben um die Horizontalaxe dreht. Wird ein solcher horizontal gedrehter Schliff noch um die Verticalaxe gedreht, so erscheint der ganze Schliff abwechselnd neutral und gefärbt. Da die Lamellen an einem solchen Schliffe in geschlossenen Curven verlaufen, so zeigt sich an demselben die neutrale Stellung ebenfalls unabhängig von der Orientirung der Lamellen zu den Polarisationsebenen des Nicols.

Indem ich mich nun zu den Längsschliffen wende, so darf ich mir wohl eine detaillirtere Schilderung und Erklärung aller zu beobachtenden Erscheinungen ersparen.

Die Versuche, welche an tangentialen und radialen Längsschliffen des Froschoberschenkels angestellt wurden, lassen sich auch an geeigneten Stellen von Längsschliffen complicirterer Röhrenknochen mit demselben Resultate wiederholen. Einer besonderen Besprechung will ich die den Lamellen parallel geführten Längsschliffe unterziehen, obwohl die hier zu beobachtenden Erscheinungen theilweise auch schon am Oberschenkel des Frosches beschrieben und erörtert wurden. In den complicirten Röhrenknochen der Säugethiere und des Menschen sind die Knochenkörperchen sehr oft in den aufeinander folgenden Blättern eines Lamellensystemes nicht parallel, sondern laufen in den verschiedensten Richtungen. Hat man nun einen Flächenschliff eines solchen Lamellensystemes, so wird die doppeltbrechende Wirkung der mit entgegengesetzt gerichteten Knochenkörperchen versehenen, übereinander liegenden Knochenlagen sich theils schwächen, theils ganz aufheben und es wird,

wenn der Schliff, wie gewöhnlich, weder durchwegs genau parallel den Lamellen ist, noch diese selbst genau in einer Ebene liegen, auf der Gypsplatte bald die Interferenzwirkung der einen, bald der anderen Lamellen vorherrschen, die eben je nach der Orientirung der Knochenkörperchen eine verschiedene sein muss. Solche Flächenschliffe zeigen sich nun auf der Gypsplatte als aus lauter kleinen Flecken zusammengesetzt, die theils in steigenden, theils in sinkenden Interferenzfarben, theilweise auch neutral erscheinen. Stellen von einiger Ausdehnung, die sich beim Drehen durch alle Azimuthe neutral verhalten, sind sehr selten; es ist dies auch begreiflich, da es nicht leicht zufällig geschehen wird, dass zwei genau gleich dicke Knochenlagen, deren optische Axen senkrecht zu einander stehen, übereinander liegen. Valentin hat unter mehreren hundert Knochenschliffen nur einen einzigen solchen Flächenschliff gefunden, der die rothe Farbe des Gypsgrundes in dem grössten Theile seiner Ausdehnung wiedergab [1]. Trotzdem vermuthet Valentin, die optische Axe der Knochengrundsubstanz stehe senkrecht zu den Lamellen. Wäre dies in der That der Fall, so könnte man schwer begreifen, warum es so ausserordentlich selten vorkommt, dass Flächenschliffe neutral wirken, während sich dies durch die von mir gemachte Annahme leicht erklärt.

Die im Vorhergehenden niedergelegten Thatsachen und Schlüsse beziehen sich zunächst auf zwei besonders sorgfältig untersuchte Objecte, nämlich den Oberschenkel des Frosches und die Tibia des Menschen. Damit soll aber nicht gesagt sein, dass ich meine Untersuchungen auf diese Objecte beschränkte, ich habe vielmehr noch an zahlreichen anderen Knochen von Amphibien, Vögeln, Säugethieren und vom Menschen Beobachtungen angestellt, ohne jedoch auf Erscheinungen zu stossen, deren Erklärung mir bei Zugrundelegung der am Froschoberschenkel gewonnenen Resultate irgendwelche Schwierigkeiten geboten hätte. Ausser Röhrenknochen wurden auch eine Reihe platter und kurzer Knochen untersucht. Manchmal wurde aller-

[1] L. c. p. 261.

dings eine Controle der Richtigkeit meiner Annahmen dadurch schwierig oder unmöglich gemacht, dass die Knochenkörperchen, in verschiedenen Richtungen fast gleichmässig entwickelt, drei Richtungen des Raumes nicht mit solcher Bestimmtheit unterscheiden liessen, wie dies an Röhrenknochen fast durchwegs der Fall ist.

Es erübrigt mir noch, die Resultate dieser Arbeit zusammenzufassen.

1. Die Erscheinungen, welche das Knochengewebe unter dem Polarisationsmikroskope zeigt, lassen sich unter folgender Annahme ganz genügend erklären: Die doppelt brechenden Elemente der Grundsubstanz sind positiv einaxig und in der Hauptmasse mit ihren optischen Axen den langen Durchmessern der Knochenkörperchen parallel gestellt. Nur in der unmittelbaren Umgebung der Knochenkanälchen (Kalkkanälchen) ist eine dünne Schichte Grundsubstanz, in welcher die optischen Axen der doppeltbrechenden Elemente diesen Kanälchen parallel gerichtet sind.

2. Es ist jedoch die Möglichkeit nicht auszuschliessen, dass die doppeltbrechenden Elemente der Knochengrundsubstanz optisch zweiaxig sind. In diesem Falle läge dann die lange Axe des Elasticitätsellipsoides in derselben Richtung, wie die Eine optische Axe im vorhergehenden Falle. Der Winkel, welchen die beiden optischen Axen möglicherweise einschliessen, und der durch die lange Axe des Elasticitätsellipsoides halbirt wird, könnte nach den Versuchen am Oberschenkel des Frosches 15° bis 20°, nach den Versuchen an der Tibia des Menschen 10° bis 12° betragen.

3. Die Voraussetzung, welche auf Grund unserer Kenntnisse über die Entwicklung des Knochengewebes gemacht werden muss, dass die doppeltbrechenden Elemente des Knochens in ihrer Orientirung von der Richtung und Lage der Knochenkörperchen abhängen werden, hat sich auf das Glänzendste bewährt. Der Grund, warum die Polarisationserscheinungen des Knochengewebes bisher nicht befriedigend erklärt werden konnten, liegt einzig darin, dass die sehr wechselvollen, vom Verlaufe der Gefässkanäle nicht direct abhängigen Lageverhältnisse der

Knochenkörperchen, welche von massgebender Bedeutung sind, nicht gehörig beachtet wurden.

4. Bei der innigen Beziehung, welche zwischen der Lage der Knochenkörperchen und der Orientirung der doppeltbrechenden Elemente in der Knochensubstanz nachweislich besteht, lassen sich nun umgekehrt aus den Polarisationserscheinungen Schlüsse auf Richtung und Lage der Knochenkörperchen machen. So kann man mit Bestimmtheit behaupten, dass Durchschnitte von Lamellen senkrecht zur Längsrichtung der Knochenkörperchen geführt sind, wenn diese Lamellen wie isotrope Körper sich verhalten. Wirken dagegen die Lamellen doppeltbrechend, so liegen die langen Durchmesser der Knochenkörperchen in der Schliffebene oder sind zu derselben mehr weniger geneigt. Über der Gypsplatte Roth I. O. bedeutet die grösste Lebhaftigkeit der Additionsfarbe, dass der lange Durchmesser der Knochenkörperchen mit dem Hauptschnitte der Platte zusammenfällt; die grösste Lebhaftigkeit der Subtractionsfarbe die darauf senkrechte Richtung. Zeigen aufeinander folgende Lamellen, gleiche Dicke des Schliffes vorausgesetzt, verschiedene Interferenzfarben, so sind in diesen Lamellen die Knochenkörperchen in verschiedener Richtung orientirt und je höher, beziehungsweise tiefer die Interferenzfarbe über der Gypsplatte ist, um so kleiner ist in den betreffenden Lamellen der Winkel, den die langen Durchmesser der Knochenkörperchen mit der Schliffebene bilden.

Erklärung der Tafel.

Die Tafel enthält Mikrophotographien von zwei Knochenschliffen in gewöhnlichem und in polarisirtem Lichte zwischen gekreuzten Nicols, welche Herr Dr. Arthur v. Heider, Assistent am hiesigen physiologischen Institute, anzufertigen die Güte hatte.

Die Photographien sind getreu nach der Natur, ohne jede Retouche, wiedergegeben und können daher nicht blos als Erläuterung, sondern theilweise auch als Belegstücke für einige wichtigere, im Texte besprochene Verhältnisse dienen. Die Knochenschliffe lagen während der photographischen Aufnahme in Wasser. Bei Anwendung des polarisirten Lichtes wurde der Polarisator an der gewöhnlichen Stelle angebracht, der Analysator aber (ein Kalkspathprisma von Hartnack u. Prazmovsky) beiläufig bis in die Mitte des Mikroskop-Tubus eingeschoben.

Fig. 1. Querschliff aus der oberen Hälfte eines Oberschenkels vom Frosche in gewöhnlichem Lichte. Vergrösserung 40. (Syst. A. von Zeiss).

a. Äusserer Knochenring mit meist quer durchschnittenen Knochenkörperchen.

b. Innerer Knochenring mit mehr der Länge nach durchschnittenen Knochenkörperchen. (Die Knochenkörperchen sind der geringen Vergrösserung wegen, welche angewendet werden musste, um den ganzen Schliff abzubilden, nur schlecht zu sehen).

Fig. 2. Derselbe Querschliff, wie in Fig. , zwischen gekreuzten Prismen.

PP. Richtung der Polarisationsebene des Polarisators.

AA. Richtung der Polarisationsebene des Analysators. Der innere Knochenring erscheint hell. Nur an vier, beiläufig um Winkel von je 90° voneinander entfernten Ringabschnitten, deren Tangenten den Polarisationsebenen parallel laufen, befinden sich schwarze Flecken. Der äussere Knochenring erscheint, einige Stellen in den beiden rechtsseitigen Quadranten ausgenommen, fast gleichmässig dunkel.

Fig. 3. Stück eines Querschliffes durch die inneren umfassenden Lamellen eines dritten Mittelhandknochens vom Menschen im gewöhnlichen Lichte. Vergrösserung 60. (Syst. B von Zeiss).

Fig. 1.

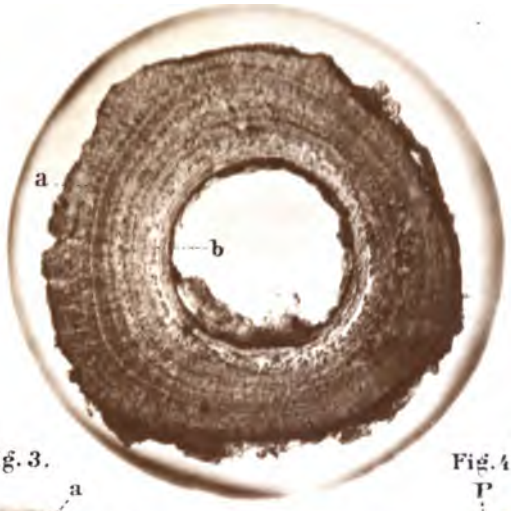


Fig. 3.

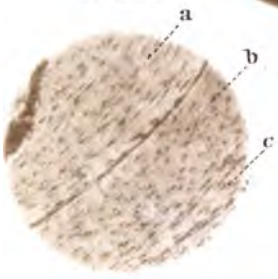


Fig. 4.

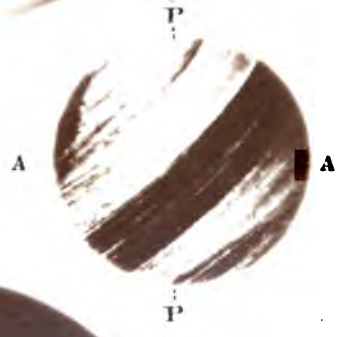
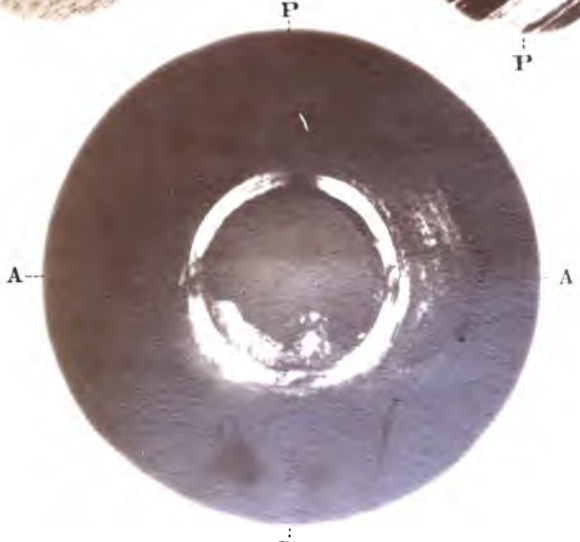


Fig. 2.



Phot. v Dr A. v Heider. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei

a. Lamellen mit grösstentheils deutlich verlängerten Knochenkörperchen, deren lange Durchmesser also in der Schliffebene liegen oder gegen dieselbe mehr weniger geneigt sind.

b. Lamellen mit kurzen, fast punktförmig erscheinenden Knochenkörperchen, die also grössentheils quer durchschnitten sind.

c. Abermals Lamellen, deren Knochenkörperchen mehr weniger verlängert erscheinen.

Fig. 4. Derselbe Schliff, wie Fig. 3, zwischen gekreuzten Polarisationsprismen.

PP. Polarisationsebene des Polarisators.

AA. Polarisationsebene des Analysators. Der Schliff ist so orientirt, dass die Lamellen, respective die langen Durchmesser der Knochenkörperchen im Azimuthe $+45°$ dahingehen. Man sieht, dass die Lamellenschichten *a* und *c* mit den verlängerten Knochenkörperchen hell sind, während die Lamellengruppe *b* mit den quer durchschnittenen Knochenkörperchen fast ganz dunkel erscheint.

Über das Verhalten der entnervten Muskeln gegen den constanten Strom.

Von dem w. M. **Ernst Brücke.**

Seitdem man weiss, dass Muskeln, welche von einem constanten Strome durchflossen werden, in einem je nach der Stärke des Stromes höheren oder geringeren Grade von Verkürzung verharren, und seitdem man gelernt hat, durch Curare die Wirkung der Nerven zu eliminiren, ist das Verhalten des entnervten Muskels gegen den constanten Strom mehrfach untersucht worden. Zuletzt hat sich nach den Untersuchungen von Engelmann die Ansicht der Physiologen wohl dahin festgestellt, dass während der Dauer des Stromes die Erregung ausschliesslich oder fast ausschliesslich von der negativen Electrode ausgehe. Es ist diess die Ansicht Engelmann's, und er führt sie weiter dahin aus, dass nur zu Anfang der Schliessung eine Contractionswelle von der Kathode aus über den Muskel ablaufe (Schliessungszuckung), und dass die dauernde Zusammenziehung ausschliesslich oder fast ausschliesslich an der Austrittsstelle des Stromes aus dem Muskel ihren Sitz habe.[1]

Er sagt diess auf Grund des folgenden Versuches (l. c. S. 316 ff.). Ein Sartorius von einem curarisirtem Frosch wird durch eine unbewegliche Klemme in zwei Theile getheilt, der eine ist an seinem freien Ende in Verbindung mit der Anode, der andere mit der Kathode. Beim Schliessen und nachherigen Öffnen der Kette zeigen beide Stücke Schliessungs- und Öffnungszuckungen, aber nur der mit der Kathode verbundene bleibt

---

[1] Beiträge zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysiologie. Pflüger's Archiv, dritter Jahrgang (1870), S. 319.

während des Geschlossenseins dauernd verkürzt. In einem anderen Versuche wurde ein gleichfalls curarisirter Sartorius mit einem kleinen Gewichte belastet aufgehängt, am Aufhängepunkt die Anode, etwas weiter abwärts die Kathode angebracht. Die durch die dauernde Verkürzung hervorgebrachte Verdickung blieb auf die Umgebung der Kathode beschränkt.

Wenn man sich mit der dauernden Verkürzung im geschlossenen constanten Strome beschäftigt, muss man immer vor Augen behalten, dass der Muskel sich in einem ganz anderen Zustande befindet, als wenn er durch eine Reihe rasch hinter einander folgender Stromstösse in dauernde Zusammenziehung versetzt wird. In letzterem Falle folgen in allen Theilen des Muskels die Contractionsbestrebungen einander mit solcher Geschwindigkeit, dass der Muskel zwischen denselben nicht die Zeit findet, irgendwo zu erschlaffen; er ist gleichmässig contrahirt. Anders verhält es sich während des Hindurchfliessens eines constanten Stromes. Hier tauchen wellenförmige Contractionen auf, die die Fasern entlang ablaufen, aber nicht in allen gleichzeitig, sondern bald hier, bald dort und in steter Abwechslung. Es entsteht hiedurch der Anblick, als ob etwas in dem Muskel flösse, wie diess W. Kühne schon vor einer Reihe von Jahren auch am uncurarisirten Muskel beobachtete. Diese partiellen, die Muskelfasern entlang laufenden Contractionen lassen sich auch unter dem Mikroskope an dünnen Muskeln sehr gut verfolgen, namentlich unter dem Polarisationsmikroskope, wo die Erscheinung vielfarbig wird. Die Verkürzung nun ist der Ausdruck der summirten Wirkungen dieser Contractionen: sie wächst, die Erregbarkeit gleichgesetzt, mit wachsender Stromstärke, theils durch Vermehrung der Contractionswellen, theils durch Steigerung der einzelnen. Wenn man also den Erregungszustand eines Muskels beurtheilen will, der von einem constanten Strome durchflossen wird, so hat man auf zweierlei zu achten, auf seine Verkürzung und auf die partiellen Contractionen, die man an den Bewegungen seiner Oberfläche oder auch im durchfallenden Lichte an der Abwechslung von helleren und dunkleren Stellen wahrnimmt.

Ich stelle nun folgenden Versuch an: Ich durchschneide einen wohl curarisirten Frosch im Becken, enthäute die unteren

Extremitäten und nehme die Diaphysen der beiden Oberschenkelbeine sammt den Streckmuskeln des Oberschenkels heraus, so dass ich ein Präparat erhalte, welches aus den beiden Unterschenkeln und den durch das Sitz- und Schambein vereinigten Beugern der Oberschenkel besteht. Fasse ich nun die beiden Waden mit zwei Pincetten, die mit einer Kette von sechs bis zehn kleinen Daniel'schen Elementen leitend verbunden sind, so contrahiren sich und zeigen die erwähnte Wellenbewegung die Wadenmuskeln der Kathodenseite und die Beuger beider Oberschenkel. Die Wadenmuskeln der Anodenseite blieben in einigen Versuchen, abgesehen von der Schliessungszuckung, ruhig, in anderen wurden auch an ihnen durch einige Zeit die vorerwähnten wellenförmigen Contractionen beobachtet.

Ich habe diesen Versuch auch noch in anderer Weise angestellt. Ich habe ihn so angestellt, dass ich du Bois'sche unpolarisirbare Elektroden beiderseits auf die Wadenmuskeln aufsetzte, während das Präparat auf einer Glastafel lag, und die Pfoten fixirt wurden. Das Resultat war dasselbe.

Hier hatten von der Kathode keine Contractionswellen auf die Beuger der Oberschenkel ablaufen können. Man muss deshalb zugeben, dass sie sich unabhängig von jeder Kathodenwirkung contrahirten und lediglich, weil der Strom durch sie hindurchging; oder man müsste sich denn vorstellen, dass für die Oberschenkelmuskeln der Kathodenseite das Kniegelenk, für die der Anodenseite der Rest des Beckens als Kathode wirkt. Man muss sich aber doch fragen, worauf den die Elektrodenwirkung überhaupt beruhen kann. In erster Reihe beruht sie offenbar auf der Anhäufung von Jonen. Diese streben aber zunächst den Grenzen von feuchten und metallischen Leitern zu und häufen sich nur unter gewissen Umständen, die wesentlich in der Natur der mit einander verbundenenen feuchten Leiter begründet sind, im Verlaufe der Kette der feuchten Leiter an. In unserm Falle ist nicht zu erwarten, dass sich zwischen den Muskeln und den schlecht leitenden, durchfeuchteten Knochen oder in den Muskeln selbst Jonen in beträchtlichen Mengen anhäufen werden. Auch die plötzliche Änderung des Leitungswiderstandes, sofern sie als solche für die Elektrodenwirkung

in Betracht kommt, wird hier kaum die Ursache sein können. Um auch diese zu vermeiden, habe ich folgenden Versuch angestellt. Ich löse ein Bein eines curarisirten Frosches möglichst hoch oben am Becken aus, nachdem ich es zuvor enthäutet habe; dann entferne ich die Strecker des Oberschenkels und das Oberschenkelbein bis auf die untere Epiphyse. Jetzt mache ich einen Einschnitt in den unteren Theil der Masse der Beuger und präparire nach aufwärts gehend einen dicken Lappen, den ich oben mit der übrigen Masse der Beuger in Zusammenhang lasse. Diesen Lappen erfasse ich mit der Kathodenpincette, während ich mit derjenigen, die mit der Anode in Verbindung steht, die Wade des Beines ergreife. Jetzt ziehen sich wieder die Beuger dauernd zusammen, obgleich doch der Strom aus ihnen in Muskelfleisch übertritt, ohne dass eine Contractionswelle von der Kathode aus über sie ablaufen könnte; denn diese konnte nur ablaufen in den Fasern des Lappens, die dem Reste der Beuger seitlich angelagert waren, aber in ihm keine Fortsetzung fanden. Ich habe diesen Versuch noch dahin abgeändert, dass ich die Beuger entfernte und die Strecker stehen liess und aus ihnen den Lappen bildete. Das Resultat war dasselbe, nur drängte es sich dem Auge durch die Wulstung am Rande der gemeinsamen Strecksehne noch mehr auf.

Nach diesen Versuchen muss ich mich der älteren Ansicht wieder zuwenden, dass der constante Strom im Muskel auf der ganzen Strecke, welche er durchläuft contractionerregend wirke, und wenn die sichtbare Wirkung der Erregung in der Nähe der Anode bald früher bald später nach dem Schliessen der Kette, aber allgemein früher als in der Nähe der Kathode, aufhört, so muss ich dies mit von Bezold einer Herabsetzung der Erregbarkeit zuschreiben, welche sich hier ähnlich wie beim Nerven von der Anode aus verbreitet.

Ich setze natürlich nicht den geringsten Zweifel in die Richtigkeit von Engelmann's Fundamentalversuch. Wenn nicht schon sein Name für dieselbe bürgte, so würden es die sehr deutlich sprechenden Myographioncurven thun, welche er abbildet. Ich habe diesen Versuch aber auf etwas andere Weise angestellt, und dann gab er ein anderes Resultat.

Meine Klemme bestand in zwei kurzen, dünnen Glasstäben, welche an einem Ende durch ein enges Kautschukrohr zusammengehalten wurden. Nachdem der Sartorius zwischen sie gebracht worden war, wurde auf dem anderen Ende mittelst einer Pincette ein ähnliches Stück Kautschukrohr hinübergeschoben. Als Elektroden dienten mir wieder zwei Sperrpincetten. Sie erfassten nicht den Sartorius selbst; ich hatte diesen so präparirt, dass ich auf der einen Seite den Unterschenkel daran gelassen hatte, auf der andern Seite entweder das Becken, oder nur einen Theil des Beckens mit dem nun nach aufwärts geschlagenen oberen Theile des Oberschenkels. Diese Theile, und nicht der Sartorius, waren es, welche in die Pincetten eingeklemmt wurden, und es war in der Regel die Kathode am Beckenende, die Anode an der Wade. Es contrahirte sich bei dieser Anordnung auch das Stück des Sartorius, das zwischen Klemme und Anode lag, und ich habe, indem ich es im durchfallenden Lichte beobachtete, die wellenförmigen Contractionen darin bis 34 Secunden lang verfolgen können, während ich in einem Versuche, in dem ich Anode und Kathode vertauscht hatte, in demselben Theile des Sartorius, der nun zwischen Klemme und Kathode lag, diese Contractionen durch $1^1/_2$ Minuten beobachtete. In einem anderen Versuche, in dem auch die Anode am Becken und die Kathode an der Wade angebracht war, konnte ich die Contractionen des zwischen Klemme und Anode liegenden Theiles des Muskels durch 28 Secunden verfolgen.

Wenn ich mich nach der Ursache des Unterschiedes meiner Resultate und der von Engelmann frage, so glaube ich zunächst eine wesentliche in der verschiedenen Stromstärke zu finden. Engelmann scheint mit keinen stärkeren Strömen gearbeitet zu haben, als denen, welche er von zwei Daniel'schen Elementen erhielt, während ich sechs bis zehn anwendete.

Waren auch vielleicht seine Elemente grösser als die meinigen, so war doch meine Stromstärke sicher grösser; denn bei dem grossen ausserwesentlichen Widerstande in unseren Versuchen konnte der grössere Widerstand der Kette gegenüber der Vermehrung der Elemente auf das Drei- bis Fünffache nur wenig in Betracht kommen.

Ein zweiter, wenn auch weniger massgebender Grund liegt wohl darin, dass Engelmann die Anode an den Muskel selbst legte. Ich muss überdies noch bemerken, dass für Untersuchungen dieser Art das Myographion vielleicht nicht das feinste Reagens ist. Die wellenförmigen partiellen Contractionen zerren, wie man unter dem Mikroskope sieht, den augenblicklich nicht in Contraction begriffenen Theil der Muskelfaser aus. Die Contraction kann deshalb an sich lebhaft und doch die Gesammtverkürzung eine sehr geringe sein. Erst wenn die Contractionswellen sich mehr und mehr häufen und eine hinter der anderen herjagen, wird die Gesammtverkürzung eine bedeutendere.

Geringe dauernde Verkürzung scheint auch Engelmann in einigen Versuchen beobachtet zu haben, denn er sagt (l. c. p. 317): „Der Hebel kehrt aber sogleich ganz oder fast ganz in seine Anfangslage zurück“ und später heisst es nach Beschreibung der oben erwähnten zweiten Versuchsanordnung: „Diese Versuche beweisen also, dass die dauernde Zusammenziehung ausschliesslich oder fast ausschliesslich an der Austrittsstelle des Stromes aus dem Muskel ihren Sitz hat“.

Ich muss schliesslich noch im Vorhinein den Einwand zurückweisen, dass sich bei meinen Versuchen Nervenwirkungen eingemischt hätten, dass meine Frösche nicht hinreichend gut curarisirt gewesen wären. Wenn ich ihnen den Oberkiefer aufhob, so hing der Unterkiefer schlaff herab, ihr Blut floss schwarzbraun aus den Gefässen, und vom herauspräparirten Ischiadicus aus liessen sich keine Zuckungen, auch nicht die schwächsten, erzielen.

Engelmann's zweiten Versuch glaube ich auf eine einfache Weise erklären zu können. Hier waren beide Elektroden am Muskel selbst und in verhältnissmässig geringer Entfernung von einander angebracht. Auf der intrapolaren Strecke war die Zusammenziehung, wie zu erwarten, am stärksten an der Kathode; gegen die Anode hin musste sie wegen der dort stattfindenden Depression der Erregbarkeit bei den schwachen Strömen, mit denen Engelmann arbeitete, rasch abnehmen, zumal der Muskel, wenn auch nur mit geringem Gewichte, belastet war, also unter dem Einflusse einer, wenn auch schwachen, Zerrung stand. In der extrapolaren Strecke, die, da die

Anode am Ende angebracht war, nur an der Kathode existirte, konnte sich der Strom nur durch Schleifen verbreiten, deren Wirkung rasch abnehmen musste, wenn man sich von der Kathode entfernte. Die sichtbare Verdickung musste sich also auf die Region der Kathode concentriren, und so entstand die Gestalt des gereizten Muskels, wie sie Engelmann beobachtete und abbildete.

Kleine Mittheilungen physiologischen Inhaltes.

Von Dr. **Sigm. Exner,**

Privatdocenten und Assistenten am physiologischen Institute zu Wien

(Mit 1 Tafel.)

Ein Versuch über Trochleariskreuzung.

Während Stilling und Meynert die Ansicht vertreten, dass sich die Fasern des Nervus trochlearis im Velum medullare kreuzen, hält Schroeder van der Kolk diese sogenannte Kreuzung nur für eine Commissur und lässt die Trochlearisfasern auf derselben Seite in den Nerven eintreten, auf welcher sie entsprungen sind.

Haben die beiden ersten Autoren Recht, dann nimmt der Trochlearis eine Ausnahmsstellung unter allen motorischen Gehirn- und Rückenmarksnerven ein. Die Sache ist also von principieller Bedeutung. Die mikroskopische Untersuchung dieses Gegenstandes hat überaus grosse Schwierigkeiten[1]; ich versuchte also, ob die Frage nicht dem physiologischen Experimente zugänglich sei.

Mein Plan war dabei folgender: Lege ich zwei ungefähr 1 Mm. von einander abstehende Electroden so auf die betreffende Stelle des Velum medullare, dass die eine Electrode in der Medianlinie oder doch hart neben derselben aufliegt, und die andere lateralwärts derselben, und reize ich nun electrisch, so kann ich entweder auf beiden Augen Trochlearisbewegung erhalten, dann würde dies wegen der Anordnung der Trochlearisfasern im Velum und wegen aller mit Stromschleifen verbundenen Verdachtsgründe wenig beweisen, und die Frage müsste unentschieden bleiben; oder es bewegt sich nur das Auge der gereizten

[1] s. E. Brücke, Vorlesungen über Physiologie, Bd. II, S. 74.

Seite, dann kann man mit Bestimmtheit sagen, die Trochlearis-kreuzung finde nicht statt, denn dann wäre unbegreiflich, warum sich, wenn Kreuzung da wäre, nicht beide Augen bewegten. Die Versuche haben ergeben, dass der zweite Fall statt hat, dass also eine Trochleariskreuzung nicht existirt.

Die Anordnung derselben war folgende: Dem passend aufgespannten Kaninchen wird der Schädel freigelegt, vorne bis gegen das Nasenbein, hinten bis an das Hinterhauptbein, und seitlich wird der Ohrknorpel halb durchschnitten, so dass die Ohren herabhängen. Dann werden dem Thiere sämmtliche sechs Augenlieder weggeschnitten, und in die Bulbi je eine Nähnadel, die, um die Bewegungen deutlicher zu machen, mit Marken versehen ist, so eingesteckt, dass sie radiär zur Iris steht, also Raddrehungen des Auges erkennen lässt. Sie muss natürlich ganz frei stehen, nicht an die Haare streifen etc. Jetzt wird das Schädeldach weggenommen, die Dura entfernt, die Grosshemisphären zum Theil abgetragen, dann vorsichtig das kleine Gehirn, ohne zu zerren, mit dem Messer weggenommen, bis das Velum frei liegt. Nun werden sogleich die Electroden aufgesetzt und gereizt, während ein Assistent die Augenbewegungen beobachtet.

Als Electroden benütze ich zwei Platindrähte in ein Stäbchen von Bein eingelassen. Durch dieselben gehen die Ströme eines sehr kleinen Schlittenapparates, der durch ein Daniel in Gang gesetzt ist. Der Rollenabstand, bei welchem durchschnittlich Bewegung erzielt wird, beträgt ungefähr 12 Ctm.

Bei sämmtlichen (circa zwanzig) Versuchen, die ich angestellt habe, beobachtete ich, wenn ich nicht ausserordentlich weit über die Stromstärken stieg, bei welchen ich gleichseitige Augenbewegung erhielt, niemals beiderseitige oder gekreuzte Augenbewegung. Nimmt man zu starke Ströme, so dass eine Menge anderer Muskeln mit erregt wird, dann erhält man natürlich auch beiderseitige Trochlearisbewegung, die dann freilich wegen anderer störender Bewegungen kaum mehr als solche zu erkennen ist.

Um dieses Resultat noch zu bekräftigen, wurde dieser Versuch folgendermassen modificirt. Ich nahm directe Reizung des Trochleariskerns im unteren Zweihügel vor, nachdem ich mit einem scharfen Messer in der Medianlinie Zweihügel, Medulla

oblongata sammt Velum gespalten hatte. Zwischen die Schnittflächen schob ich, um das Übergreifen von Stromschleifen auf die andere Seite zu vermeiden, ein Glimmerblättchen. Existirt eine Trochleariskreuzung nicht, dann müssen unter diesen Verhältnissen gleichseitige Augenbewegungen eintreten. Diese traten in der That ein. Doch scheint mir dieser Versuch nicht beweisend wegen der Nähe des Trochlearisstammes, der sich ja um die Basis des Zweihügels herumschlingt. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass Stromesantheile die Fasern des austretenden Trochlearis direct reizten, welche Fasern ihren Ursprung doch jenseits der Schnittfläche haben könnten. Besser scheint mir folgende weitere Modification des Versuches. Der Medianschnitt trennt vollkommen die Zweihügel, lässt aber das Velum intact. Er reicht bis hart an den angewachsenen Rand desselben. Die Trochleariskerne sind wieder durch Glimmer von einander getrennt. Auch jetzt erhält man auf Reizung des Kerns nur gleichseitige Trochlearisbewegung, obwohl nun zu erwarten steht, dass, wenn Stromschleifen in das Velum vordringen, diese auf der gereizten Seite die Fasern vor der Kreuzung — wenn solche existiren — ebenso in Erregung versetzen, als die Fasern nach der Kreuzung. Dieser letzte Versuch, sowie die Versuche der ersten Anordnung, scheinen mir demnach in ihrem Ergebnisse unvereinbar mit der Ansicht von einer Trochleariskreuzung.

Ich brauche schliesslich kaum zu erwähnen, dass bei Anstellung dieser Versuche alles darauf ankommt, die betreffenden Gehirnpartien erstens ohne Zerrung, zweitens so schnell freizulegen, dass man die Nerven noch in erregbarem Zustande vorfindet. Ich operirte so weit es möglich war im Blute, und reinigte die Gehirntheile, wenn es nothwendig wurde, mit Schwämmchen, die mit 1% Kochsalzlösung befeuchtet waren.

Menière'sche Krankheit bei Kaninchen.

Von den Autoren, welche in jüngster Zeit über die Bogengänge als Gleichgewichtsorgan geschrieben haben, neigen zwei, Böttcher und Cyon, der Ansicht zu, dass Gleichgewichtsstörungen, welche nach Durchschneidung der Bogengänge auftreten nicht direct von diesen herrühren, sondern indirect durch Zer-

störung des Kleinhirns zu Stande kommen. Mit Rücksicht auf diese Meinungsverschiedenheit erlaube ich mir, von drei Krankheitsfällen Mittheilung zu machen, welche ich unter der Kaninchenzucht des Laboratoriums im Laufe von etwa $1^1/_2$ Jahren zu sehen bekam. Alle drei Kaninchen zeigten dieselben Erscheinungen, die sich kurz folgendermassen zusammenfassen lassen.

Die Thiere fielen unter den anderen zunächst durch ein Schiefhalten des Kopfes auf, das allmälig von Woche zu Woche zunahm. Dabei waren sie im übrigen ganz munter. Allmälig nahm die Drehung des Kopfes zu bis sie circa 90° betrug. Nebst dieser Schiefstellung des Kopfes, war auch die Stellung des Bulbus in der Augenhöhle nicht normal. Die Bewegungen wurden immer unbehilflicher, das Fressen war erschwert, und wenn man die Thiere in diesem Zustande irgendwie reizte, so dass sie Fluchtversuche machten, fielen sie nach der Seite, nach welcher der Kopf geneigt war und wälzten sich nun so lange, natürlich immer in derselben Richtung, um die Längsaxe ihres Körpers, bis man sie fest hielt, oder bis sie irgendwo anstiessen und dadurch einen Halt bekamen. Die ganze Sache machte den Eindruck, als hätte man es mit einem Analogon zu den Tauben mit durchschnittenen Bogengängen zu thun. Dass hier wirklich Schwindelgefühle mit im Spiele waren, erhellte am deutlichsten daraus, dass die Thiere, wenn man sie in ihrem Rollen plötzlich aufhielt, den heftigsten Nistagmus zeigten. Die Erscheinungen konnten, wie bei operirten Thieren, nach Willkür und mit voller Sicherheit durch geringe Reize hervorgerufen werden, so dass ich zwei der Thiere öffentlich demonstriren konnte.

Eines dieser 3 Thiere liess ich leben bis es zu Grunde ging. Die beiden anderen tödtete ich, um bei der Section keine secundären Veränderungen vorzufinden, auf der Höhe ihrer Krankheit, in einem Stadium in welchem sie noch fressen konnten. In allen drei Fällen fand sich beiderseits vollkommene Vereiterung der Paukenhöhle und der Cellulae mastoideae mit totaler oder theilweiser Vernichtung des Trommelfells. Die Höhlungen waren mit eingedicktem Eiter vollkommen ausgefüllt. Die Eiterung in der Umgebung machte eine genaue Ermittlung über das Verhalten des Labyrinthes, insoweit es noch existirte, unmöglich; nur ein-

mal erkannte ich noch Vorhof und Schnecke und fand in beiden Blutgerinsel; in keinem Falle war das Kleinhirn, auch nicht der hart am Gehörorgan anliegende Lappen desselben sichtlich afficirt, nur in einem Falle war die Pia dieser Stelle auf einer Seite geröthet.[1]

Was die Aetiologie dieser Krankheit bei den Kaninchen anbelangt, so fiel mir auf, dass diese drei Kaninchen krätzig waren, während doch sonst in unserer Zucht Krätze eine nicht allzu häufige Krankheit ist. Ich habe also den Verdacht, dass den Thieren Krätzmilben auf das Trommelfell kamen und da Entzündung erzeugten, die sich weiter in das Innere des Ohres fortsetzte. Es ist dies übrigens ziemlich gleichgiltig; von Wichtigkeit scheint mir zu sein, dass eine Krankheit, die zweifellos vom Ohre ausgeht, Erscheinungen erzeugen kann, wie die, welche die Durchschneidung der Bogengänge hervorruft, und dass dabei die Section ein vollkommen gesundes Kleinhirn ergibt.

Ein Schulversuch aus der Muskelphysiologie.

Um die verschiedene Wirkungsweise parallelgefaserter und gefiederter Muskeln zu zeigen, bediene ich mich folgenden einfachen Apparates. Ein Gastrocnemius und einer von den parallelgefaserten Muskeln vom Oberschenkel des Frosches (die Adductoren sind dem M. sartorius vorzuziehen, da dieser zu rasch abstirbt) werden auf je einem Galgen aufgehängt, wie das Fig. 1 zeigt. Contrahiren sich die Muskeln *v* und *g* so heben sie erstens je ein Gewicht *p*, das sie auf einer Schale tragen, zweitens je einen Fühlhebel *(F)*. Diese Hebel sind aus Stroh und mit verschiedenfarbigen Scheiben versehen; sie zeigen die Höhe der Contraction an. Werden die beiden Muskeln tetanisirt und sind sie hinlänglich wenig belastet (beide tragen natürlich gleiche Gewichte), so hebt der M. adductor, wie der Fühlhebel anzeigt, sein Gewicht viel höher als der Gastrocnemius.

---

[1] Leider kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen, ob dies der am weitesten vorgeschrittene Fall war.

Steigt man mit der Belastung über eine gewisse Grenze, so hebt der erste Muskel sein Gewicht gar nicht mehr, während der zweite sein Gewicht noch eben so hoch hebt wie früher.

Die beiden Muskeln werden durch denselben Strom tetanisirt, dessen Leitung durch das erste Quecksilbernäpfchen *q* geht, durch dieses in einen Draht, der unten in dasselbe eintaucht und oben im Muskel festgehakt ist, und der das Gewichtsschälchen trägt, ferner durch den ersten Muskel und den Draht, an welchem derselbe hängt. Dann geht der Strom durch einen Verbindungsdraht *(d)* auf den anderen Galgen über und macht hier denselben Weg in umgekehrter Richtung wieder zum Schlittenapparat zurück. Bei *s* sind Stellschrauben, mittels welcher den beiden Fühlhebeln vor dem Versuch die gleiche Stellung ertheilt wird.

Der Versuch gelingt natürlich jedesmal; ich pflege ihn so anzustellen, dass ich erst kleine Gewichte auflege, so dass der parallel gefaserte Muskel höher hebt, als der Gastrocnemius, dann mit den Gewichten steige, bis der erstere nicht mehr heben kann. Man muss sich hüten, den leicht ermüdenden Adductor zu sehr zu erschöpfen, sonst gelingt es nicht, nachträglich wieder die Hubfähigkeit desselben für kleine Gewichte zu zeigen.

Über die Lymphwege des Ovariums

zum Theil nach Untersuchungen

von Dr. **A. Buckel** aus Boston.

Die Lymphgefässe der inneren weiblichen Genitalien wurden erst in neuester Zeit Gegenstand genauerer Untersuchungen. Jüngst erschienen zwei Arbeiten eine „über die Lymphgefässe des schwangeren Uterus“ von Fridolin [1] und eine über die „des normalen nicht schwangeren Uterus von Leopold. [2] Diese bestimmten uns, Frau Dr. Buckel und mich, die wir uns eben mit dem Studium der Lymphgefässe der weiblichen Genitalien befassten, diesen Gegenstand nicht weiter zu verfolgen, da wir ihn zum grossen Theil in den genannten Arbeiten in guter

[1] Dissert. St. Petersburg 1872, russisch.
[2] Arch. f. Gynäkologie Bd. VI.

Übereinstimmung mit unseren Befunden dargestellt fanden. Insbesondere stimmen unsere Erfahrungen mit Leopolds Beschreibung, so dass wir dieselben, so weit es sich um Thatsächliches handelt, bestätigen können.

Unsere Studien erstreckten sich nicht nur auf schwangeren und nicht schwangeren Uterus, sondern auch auf das Ovarium, und was wir da fanden, möge hier in aller Kürze als gelegentliche Beobachtung — nicht als eingehende Abhandlung — mitgetheilt sein, da so viel uns bekannt ist, seit His' Abhandlung[1] über die Lymphwege des Ovariums nichts mehr geschrieben wurde und sich diese nur mit den grösseren Lymphgefässen, nicht mit den Anfängen derselben beschäftigt.

Es scheint umsomehr gerechtfertigt, wenn auch nur in Form einer Notiz, der Lymphwege des Ovariums zu gedenken, da dieses ein ganz besonders geeignetes Object zum Studium der ersten Lymphbahnen abgibt, und eben jetzt so viel über das Verhältniss derselben zum Bindegewebe gearbeitet wird.

Es ist bekannt, dass es bei Hunden und Kaninchen ein Leichtes ist, vom Hoden aus durch Einstich die Lymphgefässe bis in den *Ductus thoracicus* zu injiciren. Dasselbe geht beim Kaninchen sehr leicht, beim neugeborenen Menschen bisweilen, vom Ovarium aus. Wir pflegten bei diesen Injectionen die Nadel der Pravar'schen Spritze in der Längsrichtung des Ovariums einzustechen und circa bis in die Hälfte der Länge desselben vorzuschieben. Als Injectionsmasse gebrauchten wir entweder lösliches Berlinerblau allein, oder eine Mischung desselben mit so wenig Leim, dass sie bei Zimmertemperatur eben gelatinirte. Es füllen sich beim Einspritzen gleichzeitig die zahlreichen Lymphgefässe, welche vom Ovarium gegen die grossen Lymphstämme ziehen, und die Lymphwege, welche sich im Innern des Ovariums befinden. Indem das Ovarium blau wird, markiren sich sehr scharf die weiss bleibenden *Corpora lutea*, welche beim Kaninchen bekanntlich in grosser Anzahl vorhanden zu sein pflegen.

Härtet man nun ein solches Ovarium und fertigt mikroskopische Schnitte an, so gewahrt man eine Vertheilung der Injec-

---

[1] Max Schultze's Archiv, I.

tionsmasse, wie selbe in Fig. 2 dargestellt ist. Diese Abbildung zeigt bei schwacher Vergrösserung den Querschnitt eines Kaninchenovariums dessen Blutgefässe mit Karminleim, und dessen Lymphwege mit Berlinerblau injicirt sind. Die kleineren und grösseren Stellen bei *a* sind Corpora lutea[1] in welche die blaue Injectionsmasse, wie gesagt, nicht vordringt, bei *b* sind zwei Graaf'sche Follikel. Die Lymph- und Blutbahnen streben gegen die Axe des Ovariums, um längs derselben dem Hilus zuzulaufen. Bleiben wir zunächst beim Ovarium des Kaninchens stehen und verfolgen mit stärkerer Vergrösserung die Wege der Injectionsmasse, so ist zu erkennen, dass die Masse bis in die Zwischenräume zwischen den kubischen oder spindelförmigen Zellen vorgedrungen ist, aus welchen das Stroma des Ovariums zum grossen Theil besteht.

Ich habe dieses Verhalten genau nach der Natur in Fig. 3 abgebildet. Die feinen Fäden von Injectionsmasse vereinigen sich zu dickeren Stämmchen *(b)*, welche sich wieder vereinigen u. s. w.

Diese Stämmchen sind aber durchaus nicht Gefässe im gewöhnlichen Sinne, sie sind vielmehr durch die Injectionsmasse blau gewordene Bindegewebsbündel; auch da wo die Injectionsmasse in grösserer Menge vereinigt ist, läuft sie immer noch im Bindegewebe, und erst in der nächsten Nähe des Hilus treten wirkliche Lumina auf. So findet sich in dem Präparate, das der Fig. 2 zu Grunde liegt, kein Lymphgefäss. Ich habe das Verhalten der Injectionsmasse zum Bindegewebe in Fig. 3 möglichst getreu wiederzugeben gesucht. Wie man sieht, fliesst die Injectionsmasse nicht wie in der Sehne, dem Nabelstrang etc. zwischen den derberen Bindegewebsbündeln, sie hüllt vielmehr jede einzelne der feinsten Fäserchen ein, so dass das Bindegewebe wie blau gefärbt erscheint und nur die Kerne weiss geblieben sind. Man sieht letzteres in dem grösseren Bündel *h*. An Querschnitten solcher Bündel ist es ein Leichtes, sich davon zu überzeugen, dass hier in der That von einem Lumen nicht die

---

[1] Man kann an denselben, beiläufig gesagt, sehr schön die Neubildung von Ovarialsubstanz verfolgen.

Rede sein kann, dass vielmehr die Injectionsmasse im Bindegewebe vorwärts dringt wie das Oel im Dochte der Lampe.

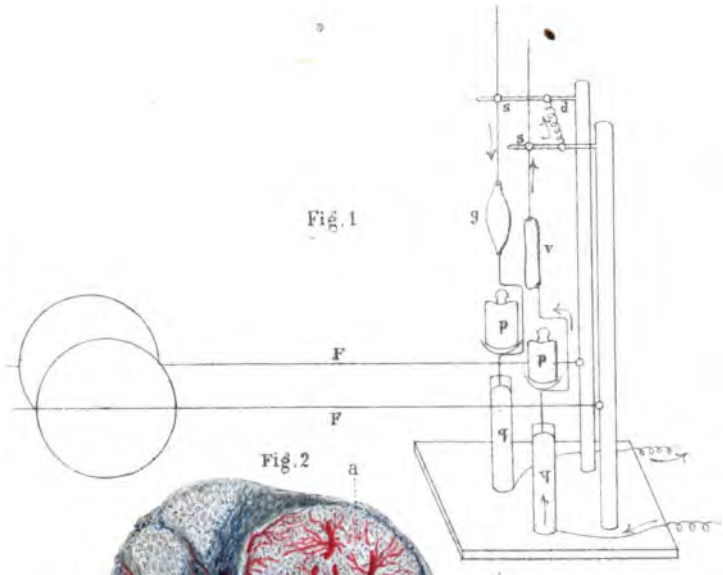
Die Wege der Injectionsmasse sind, so weit sie in ihren ersten Anfängen zwischen die genannten Stromazellen fallen, unabhängig vom Verlaufe der dieses Gebiet durchziehenden Blutcapillaren; die grösseren Lymphbahnen scheinen eine Neigung zu haben dem Verlauf der grösseren Blutgefässe zu folgen, doch rührt dies nur daher, dass die Blutgefässe eben im Bindegewebe liegen. In die eigentlichen Wandungen derselben tritt die Injectionsmasse niemals ein (Fig. 3 *a*), doch füllt sich das lockere Bindegewebe um die Gefässe.

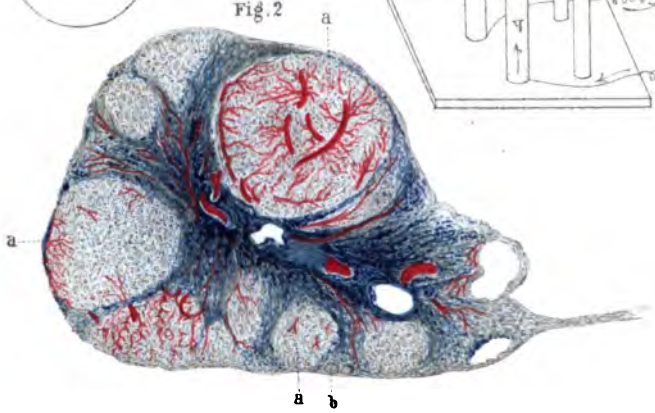
Ich bin nicht im Stande anzugeben, wo die Spalträume, welche am Hilus im Bindegewebe auftreten und die Injectionsmasse aufnehmen, zu eigentlichen Lymphgefässen werden, d. h. wo zuerst Endothelzellen in denselben auftreten. Da ich es für die Physiologie eines Organes für nicht sehr wesentlich erachte, ob die Lymphe einen Millimeter früher oder später in solchen Spalträumen verläuft, welche bereits mit einem Endothel ausgekleidet sind, so habe ich auf die Entscheidung dieser Frage weiter kein Gewicht gelegt.

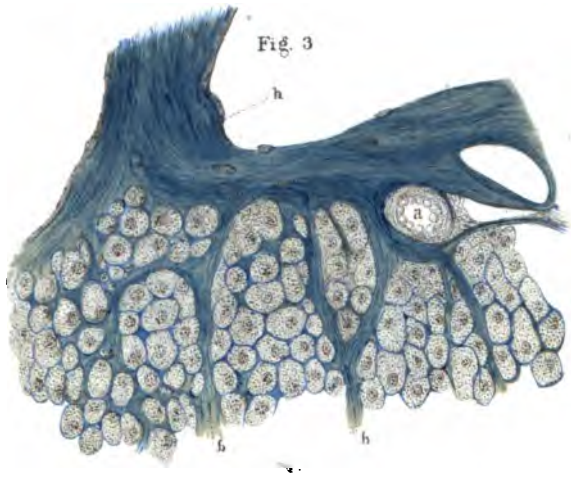
Es frägt sich wodurch ich mich berechtigt fühle, von den Bahnen, auf welchen wir die Injectionsmasse vorfinden, vorauszusetzen, dass es die Lymphbahnen sind.

Heutzutage, wo auf der einen Seite noch die Ansicht vertreten ist, dass die Lymphgefässe ein in sich abgeschlossenes Netz mit Wandung versehener Capillaren bilden, und dass die sogenannten Saftcanälchen ein drittes, wie von den Blutcapillaren so auch von den Lymphcapillaren geschiedenes Canalsystem vorstellen und wo andererseits in der Histologie die Tendenz fühlbar ist, alle lockeren und widerstandslosen Räume der verschiedenen Organe speciell als Lymphräume zu beschreiben und in ihnen ein Endothel nachzuweisen, heutzutage, sage ich, ist es wohl erlaubt, einen oft auseinandergesetzten Standpunkt nochmals zu fixiren.

Die Lymphe ist die Flüssigkeit, welche aus den Blutgefässen austritt und durch den fortgepflanzten Blutdruck so wie durch andere accessorische Kräfte fortgetrieben wird. Sie nimmt, wie dies anders nicht denkbar ist, stets ihren Weg nach dem *locus minoris*







Lez. v. Verf. Lith. von S. Schmid. A. d. k. k. Hof- u. Staatsdruckerei.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

8.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

XXI. SITZUNG VOM 8. OCTOBER 1874.

Der Präsident gibt Nachricht von dem am 21. September zu Paris erfolgten Ableben des ausländischen correspondirenden Mitgliedes, Herrn Léonce Elie de Beaumont.

Sämmtliche Anwesenden gegen ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Der Secretär legt Dankschreiben vor von dem General Sir Edward Sabine in London für seine Wahl zum ausländischen Ehrenmitgliede der Classe; dann von den Herren Professoren Dr. A. Toepler in Graz, J. V. Carus in Leipzig, Max v. Pettenkofer in München und dem Sternwarte-Director G. V. Schiaparelli in Mailand für ihre Wahl zu correspondirenden Mitgliedern.

Herr Dr. L. J. Fitzinger dankt, mit Schreiben vom 1. August, für die ihm zur Vornahme von Untersuchungen über die Bastardirung der Fische in den oberösterreichischen Seen bewilligte Subvention von 250 fl.

Das k. k. Ministerium des Innern übermittelt, mit Noten vom 22. Juli und 29. August, die graphischen Darstellungen der Eisverhältnisse der Donau und March in Niederösterreich und der Donau in Oberösterreich während des Winters 1873/4.

Das Curatorium der Franz Josephs-Universität in Agram ladet, mit Zuschrift vom 1. September, die Akademie zur Theilnahme an der am 19. October stattfindenden feierlichen Eröffnung dieser Hochschule ein.

Herr Regierungsrath Dr. E. Mach in Prag übersendet eine für den „Anzeiger“ bestimmte Notiz „über den Gleichgewichtssinn“ IV. Reihe.

Herr Dr. J. Dienger, vorm. Professor am Polytechnikum zu Carlsruhe, übermittelt eine Abhandlung, betitelt: „Die La-

place'sche Methode der Ausgleichung von Beobachtungsfehlern bei zahlreichen Beobachtungen."

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow berichtet über zwei neue Entdeckungen teleskopischer Kometen, wovon die eine durch Herrn A. Borelly in Marseille am 25. Juli, und die andere durch Herrn J. Coggia ebendaselbst am 19. August gemacht worden ist.

Herr Dr. Fr. Steindachner überreicht eine Abhandlung: „Über eine neue Gattung und Art aus der Familie der Pleuronectiden und über eine neue Thymallus-Art."

Herr Professor Dr. L. Boltzmann legt folgende fünf Abhandlungen vor: 1. „Zur Theorie der elastischen Nachwirkung. I. Aufsuchung des mathematischen Ausdruckes für die elastische Nachwirkung." — 2. „Über einige an meinen Versuchen über die elektrostatische Fernwirkung dielektrischer Körper anzubringende Correctionen." — 3. „Über die Verschiedenheit der Dielektricitätsconstante des krystallisirten Schwefels nach verschiedenen Richtungen." — 4. „Experimentaluntersuchung über die Fernwirkung dielektrischer Körper", von den Herren Romich und Fajdiga. — 5. „Experimentaluntersuchung dielektrischer Körper in Bezug auf ihre dielektrische Nachwirkung" von den Herren Romich und Nowak. Die letztgenannten beiden Arbeiten wurden im physikalischen Institute der Grazer Universität unter der Leitung Boltzmann's ausgeführt.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Kgl. Preuss., zu Berlin: Abhandlungen. Aus dem Jahre 1873. Berlin, 1874; 4°. — Monatsbericht. Mai, Juni, Juli 1874. Berlin; 8°. — Verzeichniss der Bibliothek. Berlin 1874; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 22—28. Wien, 1874; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 2003—2009 (Bd. 84. 11—17.) Kiel, 1874; 4°.

Bericht des k. k. Krankenhauses Wieden vom Solarjahre 1872 und 1873. Wien, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIX, Nrs. 2—12. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft, Deutsche geologische: Zeitschrift. XXVI. Band, 2. Heft. Berlin, 1874; 8°.

— naturforschende, zu Freiburg i. Br.: Berichte über die Verhandlungen. Band VI., Heft 2 und 3. Freiburg i. Br., 1873; 8°.

— k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVII. (neuer Folge VII.), Nr. 7—8. Wien, 1874; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 15—19. Wien, 1874; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 30—40. Wien, 1874; 4°.

Göttingen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873. 4° und 8°.

Kasan, Universität: Bulletin et Mémoires. Tome XLI. 1874, Nrs. 1—2. Kasan; 8°.

Landbote, Der steirische. 7. Jahrgang, Nr. 15—20. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874. Nr. 11—12. Wien; 4°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 7.—9. Heft. Wien; 8°.

— Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrgang 1874. Heft 2. Wien; 4°.

Moniteur scientifique du D^teur^ Quesneville. 392e & 394e Livraisons. Paris, 1874; 4°.

Nature. Nrs. 247, 249, 251—257, Vol. X. London, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Abhandlungen. Band VII, Heft Nr. 1—2. Wien, 1874; Folio. — Jahrbuch. Jahrgang 1874. XXIV. Band, Nr. 2. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 11—12. Wien; 4°.

Reichsforstverein, österr: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXIV. Band, 1874. August- und Septemberheft. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire“, et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IV. année, 2. Série, Nrs. 4—14. Paris, 1874; 4°.

Rostock, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873/4. Fol., 4° und 8°.

Studenten-Kalender, Fromme's Österreichischer, für das Studienjahr 1874. XI. Jahrgang. Wien; 12°.

Vaughan, D., Physics of the Internal Earth. Cincinnati, O., 1874; (1 Blatt) 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 30—39. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 11.—13. Heft. Wien, 1874; 4°.

Zur Lehre vom Lichtsinne.

Sechste Mittheilung.

Grundzüge einer Theorie des Farbensinnes.

Von **Ewald Hering,**
Professor der Physiologie in Prag.

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Mai 1874.)

§. 38.

Das natürliche System der Farbenempfindungen.

Der Grundsatz, dass die Mannichfaltigkeit der Licht- und Farbenempfindungen zunächst nur auf Grund ihrer innern Verwandtschaft zu ordnen sei, führte (vgl. meine IV. Mittheil.) zur Einordnung aller farblosen Gesichtsempfindungen in eine Reihe, welche ich nach ihren beiden Endgliedern als die schwarzweisse bezeichnet habe. In analoger Weise lassen sich nun auch die farbigen Empfindungen in Reihen ordnen. Wie wir nämlich im Grau, trotz seiner besonderen Qualität, doch eine offenbare nahe Verwandtschaft zum Schwarz und Weiss bemerken und gleichsam beide zugleich darin sehen, so sehen wir auch z. B. im Violett Roth und Blau zugleich, nur keines voll entwickelt, was sich auch dadurch verräth, dass wir es unbedenklich als Blauroth oder Rothblau bezeichnen.

Alle Farben nun, welche zugleich Roth und Blau, wenn auch in den verschiedensten Verhältnissen, zu enthalten scheinen, lassen sich in eine Reihe ordnen, deren beide Endglieder einerseits das reinste Roth, anderseits das reinste Blau sind. Analoges gilt von allen blaugrünen, gelbrothen und gelbgrünen Farben.

Denken wir uns eine Farbenreihe, welche in stetiger Folge erstens alle Übergänge vom Gelb zum Grün und weiterhin vom Grün zum Blau enthält und also dem zwischen Gelb und Blau gelegenen Theile des Spectrums entspricht, so haben alle Glieder dieser Reihe mit Ausnahme der Endglieder (Gelb und Blau) etwas Gemeinsames darin, dass sie sämmtlich Grün enthalten. Das reine Grün aber bildet einen ausgezeichneten Punkt in der Reihe insofern, als es sich von allen Farben der einen Seite dadurch unterscheidet, dass es kein Gelb, von den Farben der anderen Seite dadurch, dass es kein Blau enthält. Es entspricht demnach der Stelle in der Reihe, wo die Beimischung von Gelb eben ganz aufgehört, aber die Beimischung von Blau noch nicht erkennbar begonnen hat. Für diese Empfindung also, welche weder Blau noch Gelb (noch Roth) enthält, haben wir deshalb auch einen besonderen Namen; denn Gelbblau oder Blaugelb könnten wir sie nicht nennen, weil wir eben in ihr nicht diese beiden Farben zugleich, sondern keine von beiden sehen. Die relative Einfachheit dieser grünen Empfindung verglichen mit der Zweifarbigkeit ihrer Nachbarn, verschafft ihr eine ausgezeichnete Stelle in der genannten Farbenreihe.

Man könnte meinen, dass diese Eigenthümlichkeit nur dem Grün des Spectrums zukomme, dass es aber sonstwo ein Grün geben könne, welches, wenn es auch vorherrschend grün sei, doch zugleich ins Blaue und Gelbe spiele. Aber dies ist bekanntlich nicht der Fall. Man betrachte irgend ein beliebiges Grün, und man wird es entweder für reines Grün nehmen, oder man wird finden, dass es entweder ins Blaue sticht oder ins Gelbe, nie aber in beide Farben zugleich. Die sogenannten Schillerfarben machen von dieser Regel selbstverständlich nur eine scheinbare Ausnahme. Wenn man ein Grün, das man für reines genommen hat, neben Blau hält, so wird es vielleicht einen Stich ins Gelbe annehmen, wenn man es neben Gelb hält, einen Stich ins Blaue; legt man es aber zwischen Blau und Gelb, so wird es wieder rein erscheinen, oder; wenn dies nicht der Fall ist, entweder ins Gelbe oder ins Blaue spielen und wieder nicht n beide Farben zugleich.

Solche Farben, die gleichsam ohne jeden Beigeschmack einer anderen Farbe vorkommen können, oder wenn sie einen

solchen deutlich erkennbar haben, doch nur in eine, nie aber in zwei andere zugleich spielen können, gibt es ausser dem Grün nur noch drei, nämlich Roth,[1] Blau und Gelb. Gelb kann ins Rothe oder ins Grüne, nicht aber ins Blaue, Blau nur entweder ins Rothe oder ins Grüne, Roth nur entweder ins Gelbe oder ins Blaue spielen. Diese vier Farben kann man also mit vollem Rechte, wie dies schon Leonardo da Vinci that, als einfache oder Grundfarben bezeichnen. Deshalb hat auch die Sprache für sie einfache und nicht von farbigen Naturkörpern entlehnte Bezeichungen, mögen dieselben ursprünglich entlehnt worden sein oder nicht.

Alle übrigen Farben können wir insofern zusammengesetzte oder Mischfarben nennen, als sich immer zwei Farben in ihnen zugleich erkennen lassen. Mehr als zwei einfache Farben aber lassen sich aus keiner zusammengesetzten Farbe herausempfinden.

Anders ausgedrückt heisst dies, dass einerseits Roth und Grün, andererseits Gelb und Blau nie gleichzeitig in einer Farbe deutlich bemerkbar sind.

Warum sich dies so verhält, ist von vornherein nicht einzusehen, aber es ist so. Es kann Einer einen bereits hochentwickelten Farbensinn haben, ohne dass er sich diese merkwürdige Thatsache schon zum Bewusstsein gebracht hat. So gut es Farben gibt, in denen man zugleich Roth und Gelb sieht, so gut sollte es doch auch Farben geben können, in denen man zugleich Roth und Grün sieht. Denn die rothe Empfindung zeigt doch (abgesehen von den physikalischen und physiologischen Bedingungen, unter denen sie entsteht) zur grünen soviel und so wenig einen Gegensatz wie zur gelben. Und wenn wir auch zwischen Roth und Grün einen besonderen Gegensatz bemerken könnten, was aber durchaus nicht der Fall ist, so wäre dies doch noch immer kein hinreichender Grund, die gleichzeitige Anwesenheit beider Farben in einer Mischfarbe auszuschliessen. Weiss und Schwarz, ebenfalls zwei einfache oder Grundempfindungen des Sehorganes, fassen wir gern als gegensätzlich auf,

[1] Dieses reine Roth entspricht nicht dem Spectralroth, welches gelblich ist.

und doch glauben wir beide zugleich im Grau zu empfinden. Warum soll es also keine Farbe geben, die zugleich Roth und Grün, oder Gelb und Blau zu enthalten scheint? Eine Antwort ist vorerst unmöglich.

In den Lehrbüchern der Pkysik ist freilich zu lesen, dass Roth und Grün, wie auch Gelb und Blau zusammen Weiss geben. Aber dies hat nur Sinn, wenn man unter Roth und Grün nicht Empfindungen, sondern Aetherschwingungen versteht. Denn zu sagen, im Weiss werde gleichzeitig Roth und Grün, oder Gelb und Blau so empfunden, wie man im Violett gleichzeitig Roth und Blau empfindet, wäre doch paradox.

Es muss irgendwie in der Natur unseres Sehorgans begründet sein, dass das Vorhandensein einer deutlich rothen Empfindung die deutlich grüne an derselben Stelle ausschliesst, das Vorhandensein der blauen die gelbe und umgekehrt. Denn logisch lässt sich die Thatsache nicht begründen, und vorerst ist es ganz gut denkbar, dass es noch einmal gelingt, Bedingungen herzustellen, unter welchen uns eine z. B. aus Roth und Grün gemischte Empfindung entsteht, oder dass es Wesen gibt, welche eine solche Empfindung öfter haben.

Um einen kurzen Ausdruck für die sich gegenseitig ausschliessenden Grundfarben zu haben, will ich sie wegen ihres sozusagen feindseligen Verhaltens zu einander Gegenfarben nennen.

Von einer Farbe zu ihrer Gegenfarbe lässt sich keine stetige Reihe von farbigen Uebergängen bilden, wenn man nicht eine dritte Grundfarbe zu Hilfe nimmt. Vom Roth zum Blau oder Gelb lässt sich eine stetige Reihe von Uebergangsfarben herstellen, zum Grün aber nur dann, wenn man z. B. das Roth erst ins Blau und dieses wieder ins Grüne übergehen lässt. Statt des Blau könnte man aber auch das Gelb benützen.

Im sogenannten Farbencirkel wird dies Alles unmittelbar anschaulich. Man erhält einen solchen bekanntlich, wenn man einen Kreis in seine Quadranten theilt, an jeden Theilpunkt eine der vier Grundfarben derart anbringt, dass zwei Gegenfarben sich diametral gegenüber liegen, und dann auf jeden Quadranten in stetiger Reihe die Uebergangsfarben derjenigen beiden Grundfarben aufträgt, welche an seinen Endpunkten

liegen. Ein solcher Farbenkreis enthält alle überhaupt vorkommenden Farben oder Farbentöne.

Jede einfache Farbe hat nur eine, jede Mischfarbe zwei Gegenfarben.

§. 39.

Von den Farbennuancen.

Jeder beliebige Farbenton kann in sehr verschiedener Reinheit auftreten. Man nennt im gewöhnlichen Leben die möglichst rein erscheinende Farbe wohl auch gesättigt. Wir könnten also die verschiedenen Grade der Reinheit auch als Grade der Sättigung bezeichnen; nur müssten wir bedenken, dass wir dann auch mit demselben Rechte von gesättigtem Weiss und Schwarz sprechen könnten. Auf die einseitige Verwendung des Begriffs der Sättigung in der modernen Farbenlehre komme ich anderwärts zurück. Jedenfalls drückt das Wort Reinheit das, worauf es ankommt, treffender aus, als das Wort Sättigung.

Die Beimischungen, durch welche die Reinheit eines empfundenen Farbentones beeinträchtigt wird, sind nur die schwarzweissen Empfindungen, denn jede Beimischung einer anderen Farbenempfindung würde den Ton, nicht die Reinheit der gegebenen Farbe ändern. Eine Grundfarbe kann allerdings eigentlich auch durch eine andere verunreinigt werden, aber das pflegt man eben eine Aenderung des Tones zu nennen. Wie eine absolut reine Farbenempfindung sein würde, wissen wir nicht, denn alle wirklich vorkommenden Farbenempfindungen sind mehr oder weniger unrein.

Die Verunreinigung einer Farbe kann durch jedes beliebige Glied der schwarzweissen Empfindungsreihe stattfinden. Mischt sich einer Farbe eine dem Weiss naheliegende Empfindung dieser Reihe bei, so wird die Farbe weisslich, Beimischung einer sehr dunklen schwarzweissen Empfindung macht die Farbe schwärzlich, Beimischung einer dem mittlen Grau naheliegenden Empfindung lässt die Farbe ins Graue spielen.

Alle diese Uebergänge zwischen einer ideal reinen Farbe einerseits und einem beliebigen Gliede der schwarzweissen Empfindungsreihe anderseits will ich, um einen bereits üblichen

Ausdruck zu benutzen, als Nuancen der Farbe bezeichnen. Wir haben also schwarze, weisse, hellgraue, dunkelgraue, mittelgraue etc. Nuancen jeder Farbe zu unterscheiden.

Denkt man sich ein gleichseitiges Dreieck, an dessen einer Ecke eine absolut rein gedachte einfache oder zusammengesetzte Farbe, an dessen beiden anderen Ecken das ideale Weiss einerseits, das ideale Schwarz anderseits liegt, so lassen sich auf der Fläche dieses Dreiecks alle überhaupt denkbaren Nuancen der gewählten Farbe, z. B. des Grün in stetigen Uebergängen untergebracht denken. Auf jeder der schwarzweissen Seite parallelen Geraden, die ich in das Dreieck lege, kann ich alle Nuancen von gleich grosser Reinheit oder Unreinheit untergebracht denken, auf jeder zur grünschwarzen Seite parallelen Linie alle Nuancen von gleicher Weisslichkeit, auf jeder zur grünweissen Seite parallelen Linie alle Nuancen von gleicher Schwärzlichkeit.

In jedem Punkte dieses Nuancirungsdreiecks ist dann die Reinheit oder Sättigung der entsprechenden farbigen Empfindung dem Abstande von der schwarzweissen Seite, die Weisslichkeit dem Abstande von der grünschwarzen Seite, die Schwärzlichkeit dem Abstande von der grünweissen Seite proportional.

Soviel Farbentöne, soviel Nuancirungsdreiecke sind möglich.

Mit den möglichst reinen Farben des Farbenkreises und den Übergängen jeder einzelnen Farbe zu jedem beliebigen Gliede der schwarzweissen Reihe, also mit den Farbentönen und allen ihren Nuancen sind, praktisch genommen, alle überhaupt vorkommenden farbigen Empfindungen erschöpft.

Denn möge sich nun eine Farbenempfindung ändern wie sie wolle, so kann sie nur entweder ihren Ton oder ihre Reinheit ändern, und letzteren Falls kann sie nur entweder mehr oder minder schwärzlich oder weisslich oder graulich werden.

Ich sagte, dass mit den Farbentönen und ihren Nuancen alle farbigen Empfindungen praktisch genommen erschöpft sind; theoretisch genommen sind sie es nicht, weil, wie schon gesagt wurde, a priori nicht einzusehen ist, warum es nicht auch Empfindungen geben soll, in denen zwei Gegenfarben zugleich enthalten sind, obwohl uns in Wirklichkeit kein solcher

Fall sicher bekannt ist. Man muss bedenken, dass wir in einem Empfindungsgemische — und jede wirklich vorkommende Gesichtsempfindung ist ein solches — immer nur die besonders hervorstechenden einfachen Empfindungen auch besonders bemerken, dass aber mancherlei darin enthalten sein kann, was deutlich zu unterscheiden uns nicht möglich ist, obwohl es doch zum Gesammtcharakter des Empfindungsgemisches, d. h. zu dessen Qualität einen gewissen Beitrag liefern kann. So scheint es mir von vornherein fraglich, ob im sogenannten reinen, d. h. farblosen Grau wirklich nur Weiss und Schwarz enthalten ist, wenn es auch an keine Farbe deutlich erinnert und ich eben nur jene beiden einfachen Empfindungen herausfinden kann. Gesetzten Falls, die vier andern einfachen Gesichtsempfindungen, d. h. die vier Grundfarben wären mit darin enthalten, aber äusserst schwach und wären daher gleichsam unter der Schwelle, so würde ich sie doch nicht herausempfinden können. In der That macht mir reines Grau den Eindruck einer gewissen Farbigkeit, obwohl ich neben dem Schwarz und Weiss keine einzige Farbe deutlich darin zu bemerken vermag.

Auf solche möglicherweise vorhandene, aber unter der Schwelle befindliche Beimischungen ist im Obigen nicht Rücksicht genommen.

Eine Kritik dessen, was man jetzt unter Lichtstärke (Helmholtz) oder Intensität (Aubert), Sättigung (Helmholtz) und Nuance (Aubert) einer Farbe versteht, werde ich später ausführlich geben und die Widersprüche aufdecken, in welche man dadurch gerathen ist, dass man immer wieder die Empfindung mit ihren physikalischen Ursachen vermengte.

§. 40.

Von der Helligkeit und Dunkelheit der farbigen Empfindungen.

Jede wirklich vorkommende farbige Empfindung, sei sie nun durch homogenes Licht oder durch Pigmente oder sonstwie entstanden, hat etwas Schwärzliches und Weissliches in sich und erscheint deshalb dem Schwarz und Weiss verwandt, bald mehr dem einen, bald mehr dem andern, bald beiden gleichviel. Diese beiden Empfindungen sind eben jeder Farbenempfindung beigemischt, wenn auch in sehr verschiedenem Verhältniss.

Gäbe es absolut reine Farbenempfindungen, was nicht der Fall ist, so würden uns diese dem reinen Weiss eben so wenig verwandt erscheinen als dem reinen Schwarz; vom letzteren würden sie sich ebenso lebhaft unterscheiden wie das Weiss, und vom Weiss eben so sehr wie das Schwarz. Dies ist eine logische Nothwendigkeit. Denn Empfindungen, die gar nichts Gemein-

sames hätten, wären an sich incommensurabel. Zwei absolut reine Grundempfindungen aber würden, abgesehen von ihren zeitlichen und räumlichen Eigenschaften wirklich nichts Gemeinsames haben. Dem absolut reinen Roth stände das absolut reine Blau oder Grün ebenso unähnlich gegenüber wie das absolut reine Weiss. Darauf, dass die absolut reinen Farben ebenso wie das Weiss sämmtlich gar keine Spur von Schwarz enthalten würden, liesse sich kein Verwandtschaftsverhältniss dieser ganz schwarzlosen Empfindungen gründen, denn Süss und Sauer enthalten auch keine Spur von Schwarz. Ebenso könnte daraus, dass die absolut reinen Farben gleich dem idealen Schwarz gar kein Weiss enthalten würden, keine Verwandtschaft dieser absolut weisslosen Farben untereinander abgeleitet werden.

Aber allerdings kann man die Begriffe der Helligkeit und Dunkelheit, die bei den farblosen Empfindungen identisch sind mit der Weisslichkeit und Schwärzlichkeit, dahin erweitern, dass man alle Gesichtsempfindungen, mit Ausnahme des absoluten Schwarz, mehr oder minder hell nennt, und alle, mit Ausnahme des absoluten Weiss, mehr oder minder dunkel. Eine absolut reine Farbenempfindung wäre hienach hell und dunkel zugleich oder gleich hell wie dunkel und zwar deshalb, weil sie eben so wenig eine Spur vom Schwarz als vom Weiss enthalten würde. Demnach wäre die absolut reine Farbe in Bezug auf Helligkeit und Dunkelheit gleichwerthig mit dem neutralen oder mittlen Grau, welches ebenfalls gleich hell wie dunkel ist, nur mit dem Unterschiede, dass die reine Farbe deshalb gleich hell wie dunkel ist, weil sie vom Weiss so wenig enthält wie vom Schwarz, nämlich gar nichts, während das neutrale Grau deshalb gleich hell wie dunkel ist, weil es gleich viel Weiss wie Schwarz enthält.

Wir können demnach sagen, dass die absolut reinen Farben, gleich dem mittlen Grau, Empfindungen von gleich grosser Helligkeit wie Dunkelheit, oder von mittler Helligkeit oder Dunkelheit sein würden.

Diese Überlegung gestattet nun, ganz bestimmt anzugeben, wovon das abhängt, was man im gemeinen Leben die Helligkeit einer Farbenempfindung nennt.

Eine farbige Empfindung wird bei gleichbleibender Reinheit oder Sättigung heller, wenn sich das Verhältniss des gleichzeitig

in ihr empfundenen Weiss und Schwarz zu Gunsten des Weiss ändert, dunkler, wenn es sich zu Gunsten des Schwarz ändert; anders gesagt, wenn die der Farbenempfindung beigemischte schwarzweisse Empfindung, ohne ihr Verhältniss zur ersteren zu ändern, weisslicher oder schwärzlicher wird.

Mindert eine farbige Empfindung ihre Reinheit oder Sättigung dadurch, dass die ihr beigemischte schwarzweisse Empfindung, ohne aber dabei ihre Helligkeit (Weisslichkeit und Schwärzlichkeit) zu ändern, stärker hervortritt; so kann dabei die Farbe heller oder dunkler werden, oder auch gleich hell bleiben. Letzteres dann, wenn die beigemischte schwarzweisse Empfindung das mittlere Grau ist; heller wird sie, wenn die beigemischte Empfindung weisslicher ist als mittles Grau, dunkler, wenn sie schwärzlicher ist, als mittles Grau.

Mehrt sich die Sättigung oder Reinheit einer Farbe dadurch, dass die beigemischte farblose Empfindung, ohne ihre Helligkeit zu ändern, mehr zurücktritt, so ändert sich die Helligkeit der farbigen Empfindung gar nicht, wenn die Beimischung mittelgrau; die Helligkeit wird kleiner, wenn die Beimischung weisslicher, sie wird grösser, wenn die Beimischung schwärzlicher ist, als das mittle Grau.

Aus dem Gesagten lässt sich nun auch leicht ableiten, ob und wie eine farbige Empfindung ihre Helligkeit ändert, wenn sich nicht nur ihre Reinheit, sondern zugleich auch die Helligkeit der ihr beigemischten farblosen Empfindung ändert. In dem oben beschriebenen Nuancirungsdreiecke liegen alle Nuancen der betreffenden Farbe, die gleichhell wie dunkel oder mittelhell und mitteldunkel sind, auf einer Geraden, welche die farbige Ecke des Dreiecks mit dem Mittelpunkte der schwarzweissen Seite verbindet, und auf jeder Geraden, welche ich parallel zu dieser Linie in das Dreieck gelegt denke, befinden sich Nuancen von gleicher Helligkeit, und zwar ist die Helligkeit jeder beliebigen Nuance proportional dem Abstande der Helligkeitslinie, auf der sie liegt, von der schwarzen Ecke des Dreiecks.

Es kann also eine Farbe, während sie reiner oder gesättigter wird, das einemal heller, das anderemal dunkler werden und anderseits kann sie ohne Änderung ihrer Reinheit heller oder dunkler werden.

Da man somit unter dem Hellerwerden einer farbigen Empfindung eine Zunahme bald der Weisslichkeit, bald der Reinheit versteht, unter dem Dunklerwerden eine Zunahme bald der Schwärzlichkeit, bald der Reinheit, so taugt dieser Doppelsinnigkeit wegen der Begriff der Helligkeit oder Dunkelheit nicht zu präcisen Bezeichnungen.

Meiner Behauptung, dass die absolut reinen Farben alle gleich hell und gleich dunkel sein würden, scheint der Umstand zu widersprechen, dass die Spectralfarben, welche sich den absolut reinen mit am meisten nähern, eine so verschiedene Helligkeit zeigen. So ist beispielsweise das Gelb im Spectrum des zerstreuten Tageslichtes viel heller als das Blau. Dies hat aber seinen Grund darin, dass dieses Gelb viel mehr Weiss enthält als das Blau, wie man dies auch sofort erkennt. Da nun das Gelb oder das Blau der Pigmente eben auch nichts weiter ist, als zurückgeworfenes Spectralgelb oder Spectralblau, nur noch stark versetzt mit gemischtem farblosen Lichte, so ist begreiflich, dass auch die gelben Pigmente durchschnittlich heller erscheinen als die blauen. Daher kann das Vorurtheil entstehen, dass auch die absolut reinen Farben verschiedene Helligkeit besitzen würden. Eine später zu gebende physiologische Analyse des Spectrums wird dies näher zu erörtern haben.

§. 41.

Von der numerischen Bezeichnung der farbigen Empfindungen.

Dasselbe Princip, nach welchem im §. 22 die einzelnen schwarzweissen Empfindungen bezeichnet wurden, lässt sich auch auf die farbigen Empfindungen anwenden.

Keine der vier Grundfarben kommt, auch wenn sie im Tone ganz rein wäre, jemals wirklich rein zur Empfindung, sondern hat immer einen Zusatz von Schwarzweiss, d. h. also jede Empfindung vom Tone einer Grundfarbe ist ternär zusammengesetzt. Ihre Qualität lässt sich daher ausdrücken durch ein dreigliedriges numerisches Verhältniss, welches dem Verhältnisse der Deutlichkeit der drei gemischten einfachen Empfindungen entspricht. So bedeutet die Gleichung

$$\text{Blau} : \text{Weiss} : \text{Schwarz} = 1 : 1 : 1$$

eine Empfindung, welche aus zwei Theilen mittlem Grau (1 Schwarz + 1 Weiss) und einem Theile Blau, oder aus gleichen Theilen Weiss, Schwarz und Blau gemischt ist, an alle

drei gleich stark erinnert, mit allen dreien gleich sehr verwandt ist.

Die Reinheit einer Grundfarbe ergibt sich schon aus dem Verhältnisse, in welchem das der Farbe entsprechende Glied des dreigliedrigen Verhältnisses zur Summe der beiden anderen Glieder steht. Dies Verhältniss wäre für die oben erwähnte Farbe Blau : (Weiss + Schwarz) = 1 : 2. Da es überhaupt nur auf Verhältnisse ankommt, und man deshalb die Gesammtempfindung immer = 1 setzen kann, so lässt sich die Reinheit der Farbe, in unserm Falle ihre Bläue ausdrücken durch das Verhältniss, in welchem das blaue Glied zur Summe aller drei Glieder steht, also durch $^1/_3 = 0{,}33$.

Wenn man will, kann man die so bestimmte Reinheit der Farbe auch ihre Intensität nennen. Es ist dies eben ein Ausdruck, der für die Empfindung nur Sinn hat in Beziehung auf die neben der Farbe empfundene schwarzweisse Beimischung.

Die Helligkeit einer farbigen Empfindung vom Tone einer Grundfarbe findet man, wenn man das der Grundfarbe entsprechende Glied hälftet und die eine Hälfte zum schwarzen, die andere zum weissen Gliede des Verhältnisses addirt; das Verhältniss des so vermehrten Weiss zum vermehrten Schwarz weist der ganzen Empfindung diejenige Helligkeit zu, welche die entsprechende schwarzweisse Empfindung haben würde. Wir erhalten also in unserm Falle

$$(W + {}^1/_2 \text{ Blau}) : (S + {}^1/_2 \text{ Blau}) = 1{,}5 : 1{,}5$$

das ist dasselbe Verhältniss zwischen Weiss und Schwarz, wie es im mittlen Grau besteht, dessen Helligkeit = 0,5 ist.

Die Helligkeit eines absolut reinen Blau würde hienach auch = 0,5 sein, seine Reinheit aber nach dem oben Gesagten = 1.

Enthält die farbige Empfindung nicht blos eine Grundfarbe, sondern ein Gemisch zweier Grundfarben, und ist sie demnach quaternär zusammengesetzt, so wird sie durch ein viergliedriges Verhältniss bezeichnet, wie z. B.

$$\text{Roth} : \text{Blau} : \text{Weiss} : \text{Schwarz} = 4 : 4 : 1 : 3,$$

dies ist also eine dunkle Nuance des Violett. Addirt man hier die beiden farbigen Glieder, so bekommt man Rothblau = 8, und kann nun mit diesen 8 Rothblau ganz ebenso verfahren, als wäre

dies Rothblau eine Grundfarbe. Die Reinheit der Farbe ergibt sich dann aus dem Verhältniss

$$(\text{Roth} + \text{Blau}) : (\text{Schwarz} + \text{Weiss}) = 8 : 4$$

und ist $= \frac{8}{8+4} = 0{,}666\ldots$

Die Helligkeit aber ergiebt sich aus dem Verhältniss

$$\left(\text{Weiss} + \frac{\text{Rothblau}}{2}\right) : \left(\text{Schwarz} + \frac{\text{Rothblau}}{2}\right) = 5 : 7$$

und ist $= \frac{5}{5+7} = 0{,}41666\ldots$

Auch die Schwerpunktconstruction, welche im Übrigen viel Verwirrung in der Farbenlehre verschuldet hat, lässt sich anwenden, um diese Verhältnisse anschaulich zu machen. Man denke sich die drei Ecken des oben beschriebenen Nuancirungsdreieckes der gegebenen Grund- oder Mischfarbe belastet mit den drei Gliedern des Verhältnisses

Farbe: Weiss : Schwarz,

und construire den Schwerpunkt des im Übrigen schwerlosen Dreiecks: die Lage dieses Punktes im Dreieck gestattet nach §. 39 die Reinheit, nach §. 40 die Helligkeit der gegebenen Farbennuance zu finden.

§. 42.

Hauptsätze einer neuen Theorie des Farbensinnes.

Wir sind durch eine meiner Ansicht nach ganz vorurtheilsfreie Analyse der Gesichtsempfindungen zur Annahme von sechs einfachen oder Grundempfindungen gelangt, von welchen zwei, nämlich Weiss und Schwarz, bereits früher erörtert wurden. Es gilt jetzt, die dort entwickelte Theorie der schwarzweissen oder farblosen Gesichtsempfindungen durch eine Theorie der farbigen zu ergänzen. Ich theile hier sofort die Hauptsätze derselben mit.

Die sechs Grundempfindungen der Sehsubstanz ordnen sich zu drei Paaren: Schwarz und Weiss, Blau und Gelb, Grün und Roth.

Jedem dieser drei Paare entspricht ein Dissimilirungs- und Assimilirungsprocess besonderer Qualität, so dass also die Sehsubstanz in dreifach verschiedener Weise der chemischen Veränderung oder des Stoffwechsels fähig ist.

Die Richtigkeit dieser Vordersätze vorausgesetzt, eröffnen sich nunmehr zwei Möglichkeiten. Entweder die drei Arten des Stoffwechsels stehen zu einander in gegenseitiger Abhängigkeit, oder jede derselben verläuft unabhängig von der anderen. Die letztere Möglichkeit ist nicht nur die einfachere, sondern stimmt auch, so weit ich bis jetzt sehe, mit den Thatsachen. Deshalb kann ich auch die Sehsubstanz gleichsam als ein Gemisch dreier chemisch verschiedener Substanzen ansehen, deren jede (wenigstens innerhalb der hier in Betracht kommenden Grenzen) unabhängig von den beiden andern zu dissimiliren und zu assimiliren vermag. Diese Auffassung vereinfacht die Darstellung wesentlich, und nur deshalb ziehe ich sie der andern und im Grunde vielleicht richtigeren Auffassung vor, nach welcher die Sehsubstanz eine ganz homogene Substanz darstellt, die jedoch dreier verschiedener Arten der Dissimilirung und Assimilirung fähig ist.

Unter diesem Vorbehalte kann ich drei verschiedene Bestandtheile der Sehsubstanz unterscheiden, welche ich als die schwarzweiss empfindende, die blaugelb empfindende und die rothgrün empfindende Substanz bezeichnen will.

So gut man aber im übertragenen Sinne von rothen, gelben etc. Strahlen spricht, kann man auch die drei Substanzen kurzweg als die schwarzweisse, blaugelbe und rothgrüne unterscheiden und erstere als die farblose den beiden andern als den farbigen entgegensetzen.

Für die schwarzweisse Sehsubstanz, welche also jetzt an die Stelle der in der fünften Mittheilung als Sehsubstanz überhaupt bezeichneten Substanz tritt, habe ich angenommen, dass ihre Dissimilirung dem Weiss, ihre Assimilirung dem Schwarz entspricht; für die blaugelbe und rothgrüne Substanz lasse ich vorerst ausdrücklich dahin gestellt sein, welche Farbe die *D*-Farbe und welche die *A*-Farbe ist. Die drei Substanzen setzen nicht zu gleichen

Theilen die Sehsubstanz zusammen, vielmehr ist die schwarzweisse Substanz viel reichlicher im Sehorgan enthalten als die beiden anderen, und auch diese beiden sind unter sich nicht gleich.

Wie in der schwarzweissen Substanz fortwährend gleichzeitig Dissimilirung und Assimilirung stattfindet, so auch in den beiden anderen Substanzen. Aber entsprechend der verschiedenen Quantität der drei Substanzen ist im Allgemeinen auch die Dissimilirung und Assimilirung der schwarzweissen Substanz viel bedeutender als die der beiden farbigen Substanzen, und daher auch das Gewicht der immer gleichzeitig vorhandenen sechs Grundempfindungen ein sehr verschiedenes: relativ gross das der schwarzen und weissen, sehr klein das der vier farbigen Grundempfindungen.

Daher treten die farbigen Empfindungen nur unter besonders günstigen Umständen über die Schwelle, im Übrigen werden sie von der gleichzeitigen schwarzweissen Empfindung übertönt.

Alle Strahlen des sichtbaren Spectrums wirken dissimilirend auf die schwarzweisse Substanz, aber die verschiedenen Strahlen in verschiedenem Grade. Auf die blaugelbe oder die grünrothe Substanz dagegen wirken nur gewisse Strahlen dissimilirend, gewisse andere assimilirend und gewisse Strahlen gar nicht. Jede der drei Substanzen sieht also sozusagen ihr besonderes Spectrum; im wirklichen Spectrum liegen diese drei Partialspectren gleichsam über- oder ineinander. Das Spectrum der schwarzweissen Substanz ist am weissesten oder hellsten im „Gelb", und nimmt nach beiden Seiten an Helligkeit ab. Das Spectrum der blaugelben Substanz zerfällt in zwei Theile, einen gelben und einen blauen; beide Theile sind geschieden durch eine Stelle, welche für die blaugelbe Substanz lichtlos ist, das ist die Stelle des reinen „Grün". Das Spectrum der grünrothen Substanz zerfällt in drei Theile, einen mittleren grünen und zwei rothe Endtheile. Dem entsprechend enthält es zwei Stellen, welche für die grünrothe Substanz lichtlos sind, d. h. die Stelle des reinen „Gelb" und des reinen „Blau". Das Totalspectrum der Sehsubstanz hat also drei physiologisch ausgezeichnete Punkte, d. s. diejenigen, wo ausser dem Weiss nur eine Grund-

farbe sichtbar ist, nämlich das reine Gelb, Grün und Blau. Das eigentliche Roth ist im Spectrum äusserst schmal, denn das Spectralroth enthält viel Gelb.

Der erste Theil des Spectrums vom Roth bis zum reinen Gelb ist also (wenn wir vom Schwarz und den unter der Schwelle befindlichen Gegenfarben der sichtbaren Farben absehen) gemischt aus Weiss, Roth und Gelb; der zweite Theil vom reinen Gelb bis zum Grün ist gemischt aus Weiss, Gelb und Grün, der dritte Theil von Grün bis Blau aus Weiss, Grün und Blau, der vierte endlich aus Weiss, Blau und Roth. Im reinen Gelb, Grün und Blau erscheint ausser der entsprechenden Grundfarbe nur noch Weiss.

Gemischtes Licht erscheint farblos, wenn es sowohl für die blaugelbe als für die rothgrüne Substanz ein gleichstarkes Dissimilirungs- wie Assimilirungsmoment setzt, weil dann beide Momente sich gegenseitig aufheben, und die Wirkung auf die schwarzweisse Substanz rein hervortritt.

Zwei objective Lichtarten, welche zusammen Weiss geben, sind also nicht als „complementäre", sondern als antagonistische Lichtarten zu bezeichnen, denn sie ergänzen sich nicht zu Weiss, sondern lassen dieses nur rein hervortreten, weil sie als Antagonisten sich gegenseitig ihre Wirkung unmöglich machen.

Da die Grösse der Dissimilirung oder Assimilirung, welche durch einen Lichtreiz in einer der drei Substanzen bedingt wird, ebensowohl von der Intensität des Reizes als von der Erregbarkeit abhängt, so haben wir entsprechend den drei Substanzen oder Qualitäten des Stoffwechsels in der Sehsubstanz auch drei verschiedene Arten der *D*-Erregbarkeit sowie der *A*-Erregbarkeit, also im Ganzen sechs verschiedene Arten der Erregbarkeit zu unterscheiden, die wir kurzweg als die schwarze, weisse, grüne, rothe, blaue und gelbe Erregbarkeit unterscheiden können.

Jede dieser sechs Erregbarkeiten ist eine variable Grösse und insbesondere ist eine *D*-Erregbarkeit keineswegs immer gleichgross wie die entsprechende *A*-Erregbarkeit, vielmehr kann das Verhältniss beider ein sehr verschiedenes sein.

Daher kann auch ein und dasselbe objective Lichtgemisch nicht nur bald heller und bald dunkler, sondern auch bald irgendwie farbig und bald farblos erscheinen, je nach den Verhältnissen der eben vorhandenen sechs Erregbarkeiten, welche das bedingen, was ich die Stimmung des Sehorgans nennen will.

§. 43.

Vom Gewichte der Farbenempfindungen.

Wenn, wie oben angegeben wurde, die farbigen Sehsubstanzen von der farblosen an Masse übertroffen werden, so folgt, dass auch die Grösse ihrer Assimilirung und Dissimilirung und entsprechend das Gewicht der zugehörigen Empfindungen im Allgemeinen kleiner sein wird als die Grösse der farblosen Assimilirung und Dissimilirung, beziehentlich das Gewicht der entsprechenden schwarzweissen Empfindung. Nehmen wir an, das Sehorgan sei lange verdunkelt gewesen, und es habe sich ein Zustand desselben hergestellt, bei welchem die Dissimilirung nicht blos in der farblosen Substanz (vgl. §. 31), sondern auch in jeder farbigen eben so gross wie die Assimilirung, und also das Sehorgan gleichsam in neutraler Stimmung ist, so werden jetzt in der Gesammtempfindung des Sehorgans je zwei Gegenfarben gleich stark enthalten sein, aber das Weiss und Schwarz stärker als die vier Grundfarben.

Die Empfindung, welche diesem Zustande des Sehorgans entspricht, habe ich als das mittle Grau bezeichnet und dasselbe zunächst als eine nur binär, nämlich aus Schwarz und Weiss gemischte Empfindung angesehen. Aber genau genommen ist dies nicht richtig; denn es sind in dieser Mischempfindung auch die vier Grundfarben enthalten, jedoch so schwach, dass sie nicht über die Schwelle, d. h. nicht deutlich erkennbar hervortreten, und nur die Verwandtschaft dieses Grau mit dem Schwarz und Weiss offenbar ist (vgl. §. 39).

Dass wir nun Roth und Grün oder Gelb und Blau nie gleichzeitig in einer Mischfarbe enthalten sehen, wie etwa im Violett das Roth und Blau, hat seinen Grund darin, dass durch sogenanntes farbiges Licht immer nur einer von zwei Gegen-

farben zu einem relativ starken Gewichte verholfen werden kann. Denn wenn wir zu einem eben wirkenden farbigen Lichte solches Licht in mässiger Menge beimischen, welches für sich allein die Gegenfarbe erwirken würde, so schwächen wir damit wegen der antagonistischen Wirkungen beider Lichtarten zunächst die Wirkung des ersten Lichtes, mindern also das Gewicht der ersten Farbe ohne die Gegenfarbe zu verstärken und erreichen somit das Gegentheil von dem, was wir beabsichtigten. Enthielte das gemischte Sonnenlicht auch Strahlen, welche assimilirend auf die schwarzweisse Substanz wirkten, könnten diese Strahlen bis zur Netzhaut gelangen und wäre ihre assimilirende Wirkung eben so stark wie die dissimilirende der wirklichen Sonnenstrahlen, so würden wir solches Sonnenlicht auch nicht mittelst der schwarzweissen Substanz und also gar nicht sehen; wie wir ja auch das im passenden Verhältnisse gemischte blaue und gelbe Licht mittels der blaugelben Sehsubstanz nicht sehen.

Lassen wir das Licht von einem der drei ausgezeichneten Punkte des Spectrums, also z. B. das rein grün erscheinende Licht auf das neutral gestimmte Sehorgan wirken, so verstärkt es die schon vorhandene schwache grüne Empfindung, zugleich aber auch die weisse. Mit dem Hervortreten der grünen Empfindung ist also zugleich eine Verstärkung der weissen gegeben und es entsteht eine Mischempfindung, in welcher ausser dem Grün auch das Weiss gewichtig und nebstdem auch noch das Schwarz als die Assimilirungsfarbe der schwarzweissen Substanz mehr oder minder deutlich erkennbar ist (vgl. §. 39), während die rothe, gelbe und blaue Empfindung unter der Schwelle bleiben. So kommt es, dass selbst die Spectralfarben durchaus nicht rein, sondern immer sehr merklich mit einer schwarzweissen Empfindung versetzt sind. Denn was von den grünen Strahlen gesagt wurde, lässt sich auf jeden andern Theil des Spectrums übertragen, gleichviel ob seine Strahlen nur eine oder beide farbige Sehsubstanzen erregen.

Noch unreiner erscheinen die Pigmentfarben, weil sie gemischtes Licht zurückwerfen, in welchem nur gewisse Lichtarten mehr oder minder geschwächt sind. Zu der farbigen Wirkung derjenigen Strahlen, welche hiebei nicht durch antago-

nistische Strahlen neutralisirt sind, kommt also nicht nur die Wirkung eben jener Strahlen auf die schwarzweisse Substanz, sondern auch noch die Wirkung des ganzen übrigen neutralgemischten und daher nur die schwarzweisse Substanz erregenden Lichtes.

Gemischtes Licht, welches uns einen schönen farbigen Eindruck macht, wird gleichwohl durch einen Zusatz von farblosem Lichte leicht fast oder ganz farblos, weil die farbige Empfindung schon von vornherein stark mit einer farblosen versetzt ist.

Sehr instructiv ist in dieser Beziehung der folgende leicht herzustellende Versuch. Man lege auf einen Tisch, der vor einem Fenster steht, ein Stück schwarzen Sammtes und darauf ein kleines Stück weissen Papiers. Zwischen letzterem und dem Fenster stelle man eine farbige Glastafel senkrecht auf den Tisch, so dass das Papier deutlich in der Farbe des Glases, z. B. schön blau erscheint. Dann wird dieses Papier theils von dem blauen Lichte beleuchtet, welches durch das Glas gegangen ist, theils von dem farblosen Lichte, welches von den Wänden des Zimmers etc. zurückgeworfen wird. Nimmt man dann einen kleinen Spiegel zur Hand und richtet ihn so, dass ein Theil des weissen Lichtes vom bewölkten Himmel auf das Papier reflectirt wird, so erscheint dieses plötzlich fast oder ganz weiss. Durch diesen Zusatz farblosen Lichtes wird die weisse, nicht aber zugleich auch die blaue Empfindung verstärkt, und das Verhältniss des Gewichtes der letzteren zum Gewichte der Gesammtempfindung so ungünstig, dass das Blau fast oder ganz unter die Schwelle gedrängt wird.

Selbst die Spectralfarben verbleichen rasch und werden sehr weisslich, wenn man eine Linie des Spectrums fest fixirt. Denn die Erregbarkeit der farbigen Substanzen sinkt, wie in §. 46 weiter erörtert wird, unter dem gleichsam concentrirt wirkenden Reize sehr rasch, während die gleichzeitig erregte schwarzweisse Substanz immer noch eine relativ starke weisse Empfindung bedingt.

Auch die schwarze Empfindung, wie sie in gar nicht oder sehr schwach beleuchteten Theilen des Sehorgans durch Contrast mit dem Weiss der Umgebung erzeugt wird, hat im Vergleich zu schwachen farbigen Empfindungen ein sehr in Betracht kommendes Gewicht. Daher kann man unter passenden Umständen eine schwache Farbenempfindung unter die Schwelle drängen, wenn man an derselben Stelle die schwarze Empfindung durch Contrast verstärkt.

Man nehme z. B. eine mattgeschliffene Glastafel und halte sie, mit der mattgeschliffenen Seite nach oben, zunächst horizontal über einen Tisch, der mit schwarzem Sammt belegt ist. Auf diese Glasplatte lege man ein 2—3 Cm. breites Quadrat von sehr dunkelfarbigem und ganz undurchsichtigem Papier, dessen bezeichneten Mittelpunkt man fixirt. Durch eine entsprechende Neigung der Glasplatte wird man die (einseitig vorausgesetzte) Beleuchtung dieses Quadrates so abschwächen können, dass man die Farbe desselben nur eben noch deutlich erkennt. Schiebt man jetzt ein weisses Papier zwischen Glasplatte und Tisch, so erhellt sich die matte Glastafel, das Papierquadrat aber wird viel dunkler oder schwärzer und seine Farbe unsichtbar. Man braucht nun das weisse Papier nur bald wieder zu entfernen, um die Farbe sofort wieder sichtbar zu machen. Durch die Erhellung der Umgebung des farbigen Quadrates wird an der ihm entsprechenden Stelle des Sehorgans die Empfindung des Schwarzen erheblich verstärkt (vergl. §. 32), die ohnehin schwache Farbenempfindung kommt dadurch in ein noch ungünstigeres Verhältniss zur jetzt gewichtiger gewordenen Gesammtempfindung und sinkt demnach unter die Schwelle.

Lässt man das weisse Papier zu lange zwischen Glas und Tisch oder macht man den Versuch mehrmals rasch hintereinander, so mischt sich successiv inducirtes Licht an der Stelle des Papierquadrates störend ein.

Im Allgemeinen sind also die Bedingungen für das deutliche Hervortreten der Farben beim gewöhnlichen Sehen sehr ungünstig, denn immer wird an den hellen wie an den dunklen Stellen die Farbenempfindung durch die schwarzweissen Empfindungen stark verunreinigt und oft ganz unter die Schwelle gedrückt. Gegenfarben können an einer und derselben Stelle gar nicht gleichzeitig über die Schwelle treten, sondern entweder nur eine Grundfarbe oder ein Gemisch zweier, welche nicht Gegenfarben sind.

Günstiger gestalten sich schon die Verhältnisse im verdunkelten Auge, weil hier die schwarzweissen Empfindungen kein so grosses Gewicht haben als im offenen. Ist daher eine farbige Sehsubstanz in Folge innerer Ursachen oder durch vorhergegangene Reizung mittels äussern Lichtes erheblich aus der neutralen Stimmung herausgebracht worden, so kann die dadurch begünstigte Farbe leichter über die Schwelle treten. Die Nachbilder im verdunkelten Auge zeigen daher häufig deutliche Farben.

Am günstigsten sind die Umstände, wenn die schwarzweisse Substanz zuvor intensiv erregt wurde und nun nicht nur ihre *D*-Erregbarkeit, sondern auch durch indirecte Wirkung die

A-Erregbarkeit herabgesetzt und die spontane Dissimilirung und Assimilirung sehr schwach geworden ist. Die dann im verdunkelten Auge erscheinenden Blendungsbilder zeigen bisweilen so gesättigte schöne Farben, wie kaum das Sonnenspectrum. Da nämlich in dem zuvor gesehenen sehr hellen Lichte, wenn es auch wegen des starken Übergewichtes der farblosen Empfindung weiss erschien, doch die antagonistischen Strahlen sich fast nie vollständig neutralisiren, so wurde auch die farbige Sehsubstanz dadurch mehr oder weniger, wenn auch verhältnissmässig schwach erregt, und im nachher verdunkelten Auge verräth sich die nicht neutrale Stimmung der farbigen Substanzen durch Farbenempfindungen, die, obwohl an sich von kleinem Gewichte, doch im Vergleich zu der jetzt sehr schwachen schwarzweissen Empfindung erheblich sind und daher deutlich hervortreten können.

Bei solchen Beobachtungen ist es mir übrigens öfters vorgekommen, als ob man bei gewissen Phasen des Blendungsbildes wirklich zwei Gegenfarben zugleich sähe, und ich finde auch bei andern Beobachtern dahin zu deutende Bemerkungen. Indessen traut man bei einer so ungewöhnlichen Erscheinung seinen eigenen Augen nicht, und es besteht auch die Möglichkeit, dass hiebei beide Farben in einem und demselben Bezirke des Sehfeldes zwar sichtbar sind, aber doch nicht eigentlich in einander, sondern neben einander, so dass beide in kleinen Raumintervallen miteinander abwechseln.

Immer ist festzuhalten, dass jede Gesichtsempfindung, sie sehe aus wie sie wolle, ein Gemisch der sechs Grundempfindungen ist. Diejenige Grundempfindung, welche das relativ stärkste Gewicht hat, gibt der Gesammtempfindung hauptsächlich Charakter und Namen. Ist eine Grundempfindung so stark im Übergewichte über alle anderen, dass letztere gar nicht bemerkbar hervortreten, so nähert sie sich dem Ideal der Reinheit, welches aber in Wirklichkeit nie realisirt sein kann.

§. 44.

Von der Umstimmung der durch farbiges Licht gereizten Theile des Sehorgans.

Wenn das Sehorgan längere Zeit vor äusseren Reizen geschützt bleibt, so nimmt es mehr oder minder vollständig jene

neutrale Stimmung an, bei welcher in allen drei Substanzen die Assimilirung und Dissimilirung gleich gross, und wie wir ergänzend annehmen wollen, auch jede *D*-Erregbarkeit ebenso gross ist wie die entsprechende *A*-Erregbarkeit.

Die hiebei stattfindende Dissimilirung ist, ganz theoretisch genommen, das Product zweier Factoren, nämlich der eben vorhandenen *D*-Erregbarkeit und der innern *D*-Reize. Ebenso ist die Assimilirung das Product aus der *A*-Erregbarkeit und den *A*-Reizen. Aus der Gleichheit von Dissimilirung und Assimilirung folgt also nicht nothwendig die Gleichheit der *D*- und *A*-Erregbarkeit. Indessen will ich, da es gegenüber den äusseren Reizen vielmehr auf die Erregbarkeiten als auf die schon vorhandenen inneren Reize ankommt, für die neutrale Stimmung auch gleichgrosse *D*- und *A*-Erregbarkeit jeder Substanz annehmen. Ich darf diess um so eher, als wir über die sogenannten inneren Reize eigentlich gar nichts wissen und es vielleicht unrichtig ist, sie mit den äusseren zu parallelisiren. Man kann wenigstens vorläufig die Sache auch so auffassen, als sei es in der Natur der erregbaren Substanz begründet, auch dann, wenn sie keinem äusseren oder inneren Reize unterworfen ist, immer in schwachem Grade zu dissimiliren und zu assimiliren.

Die Grösse dieser spontanen Dissimilirung und Assimilirung wäre dann zugleich ein Maass für die Disposition der erregbaren Substanz zu der unter dem Einflusse äusserer Reize stattfindenden Dissimilirung oder Assimilirung, d. h. ein Maass der *D*- und *A*-Erregbarkeit.

Damit das zunächst in neutraler Stimmung gedachte Sehorgan ein gemischtes Licht als farblos empfinde, ist nöthig, dass dieses Licht sowohl für die rothgrüne als für die blaugelbe Substanz ein annähernd gleich grosses Assimilirungs- wie Dissimilirungsmoment setze, wobei ich das Moment dem Product aus Reiz und Erregbarkeit gleichsetze.

Solches gemischtes Licht nun, welches dem neutral gestimmten Sehorgane farblos erscheint, will ich objectiv farblos oder kurz farbloses Licht nennen.

Eben dasselbe Licht aber wird z. B. grünlich erscheinen können, wenn die rothgrüne Substanz nicht mehr neutral gestimmt, sondern ihre grüne Erregbarkeit grösser ist als die rothe. Denn in Folge dessen würden Assimilirungs- und Dissimilirungsmoment nicht mehr gleich gross sein, und ein kleines Moment, welches gleich der Differenz beider Momente ist, wird nun zu Gunsten des Grün zur Wirkung kommen.

Wenn irgend ein Theil des zuvor neutral gestimmten Sehorgans durch farbig erscheinendes Licht nicht übermässig gereizt wird, so wird die Stimmung dieses Theiles immer derart geändert, dass die Erregbarkeit für die eben empfundene Farbe abnimmt und nach Schluss der Reizung kleiner ist, als die Erregbarkeit für die Gegenfarbe. Jedes gemischte Licht, welches vorher farblos empfunden worden wäre, wird jetzt mit einer Beimischung dieser Gegenfarbe, oder, wenn zuvor ein Gemisch zweier Grundfarben gesehen wurde, mit einer Beimischung beider Gegenfarben gesehen. Hiebei aber ist keineswegs nöthig, dass diese beiden subjectiven Gegenfarben jetzt in demselben Verhältnisse gemischt erscheinen, wie in der zuvor gesehenen Mischfarbe die beiden objectiven Farben. Denn jenes Verhältniss der subjectiven Gegenfarben hängt ganz von den eingetretenen Erregbarkeitsänderungen der beiden farbigen Substanzen ab, welche nur zufällig genau in einem solchen Verhältnisse stattfinden könnten, dass die subjectiven Gegenfarben wieder dasselbe Mischungsverhältniss hätten.

Schon aus diesem Grunde ist die Farbe, welche das objective Weiss und Grau im successiven Contraste zu einer zuvor gesehenen Farbe annimmt, nicht immer genau das, was man die Complementärfarbe der letzteren zu nennen pflegt. Grössere Abweichungen treten nothwendig dann ein, wenn die farbigen Sehsubstanzen des ganzen Sehorgans unter dem Einflusse der herrschenden Beleuchtung eine so zu sagen künstliche Stimmung angenommen haben, wie diess sowohl bei natürlicher als künstlicher Beleuchtung immer mehr oder minder der Fall ist. (Siehe §. 46 über die Adaptation.)

Ist durch mässige Einwirkung z. B. grünen Lichtes auf einen Theil des Sehorganes die Stimmung dieses Theils verändert worden und blickt man nun auf eine blaue oder gelbe Fläche, so mischt sich an der umgestimmten Stelle die Gegenfarbe des Grün subjectiv bei, und das Gelb oder Blau erscheint röthlich. Denn das von einem Pigmente zerstreute Licht ist gemischtes Licht, und diesem gegenüber verhält sich der umgestimmte Theil des Sehorgans analog wie gegenüber farblosem gemischten Lichte.

Zur Erklärung der Thatsache, dass nach farbiger Reizung der gereizte Theil für die Gegenfarbe erregbarer ist, als für die Reizfarbe, bietet meine Theorie mehrere Wege. Obwohl ich nun auch hier der zu-

künftigen eingehenden Untersuchung keineswegs vorgreifen will, so erscheint es mir doch zweckmässig, in ähnlicher Weise, wie ich diess in der vorigen Mittheilung gethan habe, zu zeigen, wie sich die Erscheinungen des successiven Contrastes leicht der Erklärung aus meiner Theorie unterwerfen lassen. Denn ich bekomme dadurch Gelegenheit zu zeigen, einen wie tiefen Einblick in alle Phasen des Stoffwechsels der Sehsubstanz wir erwarten dürfen, wenn wir aus den Gesichtspunkten, welche die Theorie bietet, an die feinere Untersuchung der Einzelerscheinung gehen.

Wird die zuvor neutral gestimmte rothgrüne Substanz durch solche Strahlen gereizt, welche ihre Dissimilirung steigern, so wird während der Dauer der entsprechenden Empfindung die rothgrüne Substanz abnehmen, und folglich nach Schluss der Reizung die Erregbarkeit des gereizten Theiles für diese Farbe vermindert sein. Hierüber kann kein Zweifel sein, wenn die Vordersätze der Theorie richtig sind, und diess würde schon genügen, um die Art oder Richtung der Umstimmung des gereizten Theiles zu erklären, wenn wir nur annehmen, dass die *A*-Erregbarkeit während der Reizung unverändert bleibe. Wenn sich aber auch die *A*-Erregbarkeit unter dem indirecten Einflusse des Reizes ändert, so bleiben zwei Möglichkeiten; erstens die, dass sie ebenfalls abgenommen hat, aber viel weniger als die *D*-Erregbarkeit, oder aber zweitens, dass sie sogar zugenommen hat. Diess lasse ich hier dahingestellt sein, weil es nur untersucht werden kann, wenn zugleich die Stärke und räumliche Ausbreitung des Reizes und der Zustand der Umgebung der gereizten Stelle mit berücksichtigt wird.

Wird umgekehrt die zuvor neutral gestimmte rothgrüne Substanz durch farbiges Licht gereizt, welches ihre Assimilirung steigert, so wird dadurch die erregbare Substanz vermehrt und zugleich die *D*-Erregbarkeit gesteigert. Diess reicht hin, um zu erklären, warum nach Schluss der Reizung die *D*-Erregbarkeit, also die Erregbarkeit für die Gegenfarbe grösser ist als die *A*-Erregbarkeit. Hätte sich zugleich in Folge des rascheren Verbrauchs von Assimilirungsmaterial die *A*-Erregbarkeit etwas vermindert, so würde diess eine noch grössere Differenz der beiden Erregbarkeiten nach Schluss der Reizung bedingen.

§. 45.

Von der Umstimmung des ganzen Sehorgans bei theilweiser Reizung durch farbiges Licht.

In meinen früheren Mittheilungen habe ich den Beweis geführt, dass bei partieller Reizung des Sehorgans nicht blos im gereizten Theile und unter der directen Wirkung des Reizes, sondern auch im übrigen Sehorgane und insbesondere in der

nächsten Umgebung der direct gereizten Stelle Veränderungen unter der indirecten Wirkung des Reizes eintreten, durch welche die Erscheinungen des simultanen Contrastes sowie der simultanen und successiven Lichtinduction bedingt sind. Während ich aber bisher die Contrast- und Inductionserscheinungen nur in Bezug auf die schwarzweisse Sehsubstanz erörtert habe, gilt es nun auch, die beiden andern Sehsubstanzen zu berücksichtigen, den simultenen Farbencontrast und die Farbeninduction zu erklären.

Wir sahen früher, dass bei nicht übermässiger Beleuchtung einer Stelle des Sehorgans das übrige Sehorgan und besonders die nächste Nachbarschaft der gereizten Stelle sich in Folge indirecter Wirkung des Reizes mehr oder minder verdunkelt. Wie hiebei in der Umgebung der durch farbloses Licht gereizten Stelle das Schwarz deutlicher hervortritt, so wird bei Reizung durch farbiges Licht in der Umgebung des gereizten Theiles die Empfindung der Gegenfarbe verstärkt und unter günstigen Umständen auch über die Schwelle gehoben.

Infolge dessen ändern sich dann auch die Erregbarkeitsverhältnisse der Umgebung der gereizten Stelle, denn die Empfindung einer beliebigen Grundfarbe bedeutet nach unserer Theorie auch eine Änderung des Verhältnisses der Erregbarkeiten zu Ungunsten der empfundenen Farbe und zu Gunsten ihrer Gegenfarbe. Nach Schluss der Reizung und der beschriebenen Contrastwirkung wird also an der direct gereizten Stelle die Erregbarkeit für die Reizfarbe kleiner sein als die Erregbarkeit für ihre Gegenfarbe, in der Umgebung der direct gereizten Stelle aber wird das Gegentheil der Fall sein.

Lassen wir jetzt auf die ganze Netzhaut Licht fallen, welches bei neutraler Stimmung des Sehorgans farblos erscheinen würde, so erscheint es nun farbig, und zwar an der zuvor gereizten Stelle in der Gegenfarbe (successiver Contrast), während es im Ubrigen und besonders in der nächsten Umgebung in die zuvor während der Reizung empfundene Farbe spielt (successive Induction). Was hier von einer Grundfarbe gilt, das gilt auch von den Gemischen zweier.

Auf Grund des hier Gesagten lassen sich nun alle Erscheinungen des simultanen und successiven Farben-Contrastes erklären.

Ist die unter dem directen Einflusse des Reizes empfundene Farbe eine *D*-Farbe, so lässt sich das Hervortreten der Gegenfarbe in der Umgebung auf ganz analoge Weisse für die farbigen Substanzen erklären, wie diess früher für die farblose Sehsubstanz geschehen ist, insbesondere also daraus, dass die Steigerung der Dissimilirung an der gereizten Stelle eine Steigerung der Assimilirung in der Umgebung bedingt. Die in schwachem Maasse immer vorhandene Empfindung der zugehörigen *A*-Farbe gewinnt dadurch an Gewicht und tritt unter günstigen Umständen über die Schwelle.

Meine Theorie gestattet aber auch eine andere Frklärung,, die jedoch zweckmässig erst bei Gelegenheit der ausführlichen Untersuchung der Contrasterscheinungen erwogen wird. Es könnte nämlich die Erscheinung der Contrastfarbe auch auf eine Minderung der Dissimilirung, oder auf gleichzeitige Steigerung der Assimilirung und Herabsetzung der Dissimilirung zurückgeführt werden (vergl. §. 32).

Jedenfalls aber würde, und das ist mir hier die Hauptsache, die entsprechende farbige Sehsubstanz und also auch die *D*-Erregbarkeit in der Umgebung des direct gereizten Theiles zunehmen und die *D*-Erregbarkeit nach Schluss der Reizung grösser sein müssen als die *A*-Erregbarkeit.

Ist umgekehrt die Farbe, welche die Contrastwirkung hervorbringt, eine *A*-Farbe, so tritt ein Fall ein, welcher bei den farblosen Empfindungen insofern nicht möglich ist, als für die schwarzweisse Substanz das Licht nur einen *D*-Reiz bildet. Am einfachsten erscheint die Annahme, dass in der Umgebung der farbig gereizten Stelle die Dissimilirung derselben farbigen Substanz etwas gesteigert wird, deren Assimilirung unter der directen Einwirkung des Lichtreizes gesteigert ist, und dass dadurch die entsprechende *D*-Farbe sichtbar wird. Aber auch durch eine Minderung oder Hemmung der Assimilirung in der Nachbarschaft der gereizten Stelle liesse sich das Auftreten der Gegenfarbe allenfalls erklären. Im einen wie im andern Falle würde durch die Contrastwirkung in der Umgebung der farbig gereizten Stelle die betroffene Substanz und damit zugleich ihre *D*-Erregbarkeit gemindert werden und nach Schluss der Reizung die Erregbarkeit für die *A*-Farbe grösser sein als für die *D*-Farbe.

Der Nachweis, dass der simultane Farbencontrast und die Farbeninduction wirklich auf einer Wechselwirkung der einzelnen Theile des Sehorgans beruhen, lässt sich in ganz ähnlicher Weise führen, wie diess in Betreff der farblosen Lichtempfindungen in meinen früheren Mittheilungen geschehen ist. Alle dort angeführten Versuche lassen sich gleichsam ins Farbige übersetzen. Nur muss man dabei Sorge tragen, dass man den Contrast und die Induction zwischen hell und dunkel möglichst ausschliesst, weil sonst schwache Farbenempfindungen durch die farblosen

unter die Schwelle gedrückt werden. Objective Gegenfarben, mit denen man gleichzeitig arbeitet, müssen ungefähr gleich hell sein, und ebenso müssen farblose Felder oder farbloser Grund etwa von derselben Helligkeit sein, wie die Farben, nämlich grau, nicht weiss oder schwarz. Zu Versuchen über simultanen Contrast eignen sich die möglichst reinen Farben weniger als stark nuancirte, weil bei Anwendung der ersteren der simultane Contrast oft sehr rasch in die simultane Induction umschlägt oder die Zerstreuung des farbigen Lichtes über das eigentlich farbige Bild hinaus so stark ist, dass die subjective Contrastfarbe gar nicht dagegen aufkommen kann. Günstig sind demzufolge für die Erscheinung der Contrastfarben auch jene Versuchsbedingungen, welche man zur Erzeugung der subjectiv farbigen Schatten herzustellen pflegt.

§. 46.

Über die grosse Vergänglichkeit der farbigen Empfindungen im Vergleich zu den farblosen.

Aus dem, was im §. 43 über das Gewicht der Farbenempfindungen und in den beiden letzten §§. über die Erregbarkeitsänderung der farbigen Sehsubstanzen gesagt wurde, erklärt sich, dass die Farbenempfindungen so sehr vergänglich sind, genauer gesagt, dass sie so leicht unter die Schwelle kommen. Ein kleines farbiges Quadrat auf ungefähr gleich hellem farblosen Grunde verliert bei fester Fixirung eines Punktes sehr bald an Reinheit der Farbe und verschwimmt endlich unterschiedslos mit dem Grunde, wobei dieser gewöhnlich unterdessen (durch simultane Induction) etwas von der Farbe des Quadrats angenommen hat, und somit Quadrat und Grund in gleichem Tone schwach gefärbt erscheinen. Am schnellsten tritt dieses Verschwinden kleiner farbiger Felder beim indirecten Sehen ein, später beim directen. Übrigens aber blitzen die Ränder des farbigen Feldes und des Grundes in Folge kleiner Blickschwankungen immer wieder in der Farbe des Quadrates, beziehentlich in der Gegenfarbe auf.

Sehr belehrend sind in dieser Beziehung folgende Versuche: Man lege ein kleines farbiges Feld auf einen etwa gleich hellen grauen Grund und fixire fest einen Punkt des ersteren. Von Zeit

zu Zeit beschatte man vorübergehend das farbige Feld in mässigem Grade dadurch, dass man zwischen dasselbe und die Hauptlichtquelle des Zimmers einen undurchsichtigen Schirm oder auch nur die Hand schiebt. Man wird dann schon nach kurzer Fixirung im Momente der Beschattung die Farbe des farbigen Feldes auffallend unrein werden und auch oft den Farbenton ändern sehen. Jetzt entferne man den Schirm wieder, fixire aber fort. Bei nochmaliger Beschattung kann das farbige Feld unsichtbar werden, weil es unterschiedslos mit dem Grunde zusammenfliesst; bei der dritten Beschattung kann es farblos erscheinen, bei der vierten schon in einer ganz andern Färbung, in welcher immer die Gegenfarbe der ursprünglichen Farbe deutlich oder ausschliesslich enthalten ist. Verschliesst man das Auge nur eine Weile und blickt wieder auf das noch beschattete Feld, so erscheint es wieder in seiner ursprünglichen Farbe.

Man kann auf diese Weise die Folgen der fortschreitenden Erregbarkeitsänderungen an der Stelle des farbigen Feldes sowohl als in seiner Umgebung auf jeder beliebigen Stufe ihrer Entwicklung sichtbar machen.

Zu genauerer Untersuchung bedient man sich zweckmässig eines Zimmers, welches nur eine, leicht zu verändernde Lichtquelle hat. Im Fensterladen eines dunklen Zimmers lässt man z. B. die von Aubert[1] angegebenen quadratischen Diaphragmen einsetzen, die durch einen Schieber beliebig verkleinert und vergrössert werden können. Diese höchst zweckmässigen Diaphragmen gestatten eine sehr genaue und messbare Regelung der Lichtstärke.

Selbst die Spectralfarben können in ihrer Gegenfarbe gesehen werden. Fixirt man eine Linie im Spectrum des zerstreuten Tageslichtes, so verblassen die Farben zusehends. Verengt man sodann den Spalt hinreichend, so schlägt, während die Spectrallinien noch deutlicher werden, die fixirte Farbe in einen, die Gegenfarbe mehr oder weniger deutlich enthaltenden Ton um. Ein kurzer Verschluss des Auges genügt, um nachher die Farbe wieder zu sehen trotz der Lichtschwäche des Spectrums. Um den Versuch rein zu haben, muss man die übrigen Farben abblenden.

Nicht minder interessant als das Verschwinden der Farbe begränzter farbiger Felder bei fester Fixirung ist das Verschwinden einer in der allgemeinen Beleuchtung überwiegenden Farbe; denn eine schwachfarbige Beleuchtung erscheint meist farblos.

[1] Physiologie der Netzhaut. S. 44.

Der Ausdruck weisses oder farbloses Licht hat, wie oben gezeigt wurde, nur Sinn in Beziehung auf die eben vorhandene Stimmung des Sehorgans; denn dasselbe gemischte Licht kann je nach dieser Stimmung bald farbig und bald farblos erscheinen. Ich habe dasjenige Licht farblos genannt, welches bei neutraler Stimmung des Sehorgans farblos erscheint. Diese Stimmung ist jedoch fast nie vorhanden. Gleichwohl erscheint uns das Tageslicht wie das künstliche Licht meist farblos, d. h. wir sehen einen sogenannten weissen Gegenstand bei diesen verschiedenen Beleuchtungen immer wieder weiss.

Angenommen, das zuvor neutral gestimmte Sehorgan eröffnet sich einem Aussenraume, dessen Beleuchtung nicht farblos ist, weil in derselben z. B. die gelbwirkenden Strahlen nicht ganz neutralisirt sind, so wird man das fast überall vorhandene Gelb nur im Anfange und auch da nur verhältnissmässig schwach bemerken. Letzteres desshalb, weil jede objective Farbe, ebenso wie das Weiss, wegen der Wechselwirkung der einzelnen Theile des Sehorgans an Reinheit und Deutlichkeit verliert, wenn sie über einen grossen Theil der Netzhaut verbreitet ist (vergl. §. 32); ersteres aber wegen der sehr bald eintretenden Adaptation des Sehorganes für die allgemein verbreitete Farbe. Dieselbe besteht im angeführten Falle darin, dass in der gelbblauen Substanz die Assimilirung durchschnittlich wieder ebenso gross wird wie die Dissimilirung und daher das Sehorgan in Bezug auf die eben herrschende Beleuchtung so zu sagen wieder neutral gestimmt ist. Für ein solches künstlich neutral gestimmtes Sehorgan ist also die, dem natürlich neutral gestimmten Sehorgan farbig erscheinende Beleuchtung wieder farblos.

Nehmen wir an, die vorherrschende gelbe Farbe, welche das Auge im angenommenen Falle fast allenthalben sieht, sei eine *D*-Farbe, so wird in allen Theilen des Sehorganes die blaugelbe Sehsubstanz und mit ihr die Erregbarkeit für Gelb abnehmen, daher auch das von den gelbwirkenden Strahlen gesetzte Erregungsmoment immer kleiner und schliesslich eben so gross werden, wie das Erregungsmoment der blauwirkenden Strahlen. Dann aber werden sich beide Momente vollständig aufheben. Ob hiebei auch die blaue Erregbarkeit durch indirecte Wirkung der anfänglichen gelben Erregung sich ändert, ist vorerst gleichgiltig, denn immer müssen schliesslich beide Erregungsmomente gleich werden.

Wäre umgekehrt die in der Beleuchtung vorherrschende gelbe Farbe die *A*-Farbe der blaugelben Substanz, so würde unter ihrem Einflusse diese Substanz und damit die *D*-Erregbarkeit, d. h. die Erregbarkeit für Blau zunehmen. Die Folge ist wieder, dass das an sich schwächer vorhandene blau wirkende Licht bald ein stärkeres und schliesslich ebenso grosses Erregungsmoment setzt, wie das gelbwirkende, womit die erregende Wirkung des gemischten Lichtes auf die blaugelbe Substanz zu Ende ist.

Man braucht nur ein Stückchen weissen Papiers auf schwarzen Grund zu legen, einige Zeit zu fixiren und dann durch einen zwischen das Papier und die vorherrschende Lichtquelle geschobenen Schirm zu beschatten, so sieht man auf dem Papier die einfache oder zweifache Gegenfarbe der in der Beleuchtung eben vorherrschenden Farbe. Bei Gaslicht erscheint das Papier blau, bei Tageslicht je nach dem Stande der Sonne, der Bläue oder Bewölkung des Himmels etc. verschieden, grün, grüngelb oder gelb.

Bei allen Versuchen über Farbencontrast oder Farbeninduction muss man die, durch Adaptation für die meist etwas farbige Beleuchtung veränderte Stimmung des Sehorgans mit berücksichtigen, denn die Gegenfarbe der eben in der Beleuchtung vorherrschenden, wenn auch unsichtbar gewordenen Farbe, mischt sich bei jeder günstigen Gelegenheit mit ein und tritt sogleich über die Schwelle, sobald das Gesammtgewicht der eben untersuchten Empfindung hinreichend klein ist, wie diess bei gedämpfter Beleuchtung oder auf dunklem Grunde häufig, ganz besonders aber im verdunkelten Auge der Fall ist.

§. 47.

Über die Young'sche und Plateau'sche Theorie.

Jede Gesichtsempfindung lässt sich, wie ich oben dargelegt habe, ganz bestimmt bezeichnen, wenn man sechs Variable annimmt, d. h. die sechs einfachen oder Grundempfindungen. Die nächstliegende Annahme ist nun die von uns gemachte, dass diesen sechs psychischen Variablen sechs physiologische Variable entsprechen. Ausgehend von dem in §. 27 erörterten Grundgedanken, dass jedem Psychischen ein Physisches entsprechen müsse, und unter Annahme der schon von Leonardo

da Vinci, Aubert u. A. betonten einfachen Farben (Roth, Gelb, Grün, Blau) kam daher schon Mach[1] zu dem Resultate, dass es nicht drei, sondern vier „Grundfarbenempfindungen" geben und dass ausserdem „für die Empfindung Weiss und Schwarz ein besonderer physiologischer Process statuirt werden müsse". „Denn im Weiss ist keine andere Farbe erkennbar. Wenn demselben auch in der Netzhaut mehrere Erregungen entsprechen, der letzte Vorgang in der physiologischen Kette, welcher den einfachen physischen Process der Empfindung Weiss bedingt, muss einfach gedacht werden wie dieser." Die qualitative und nicht blos quantitative Verschiedenheit des Schwarz und Grau vom Weiss hat Mach nicht besonders betont; auch fussen alle seine Erörterungen noch auf dem psychophysischen Gesetze Fechner's.

Die Young'sche Theorie müsse also, meint Mach, dahin modificirt werden, dass an Stelle von drei jene vier Grundfarben gesetzt werden. Allerdings würde dadurch jene Theorie mit dem natürlichen Farbensystem in viel besseren Einklang gebracht, und insofern war Mach's Annahme ein wesentlicher Fortschritt. Aber der Hauptfehler der Young-Helmholtz'schen Theorie bleibt bestehen. Denn dieser liegt darin, dass diese Theorie nur eine Art der Erregbarkeit, Erregung und Ermüdung kennt, nämlich die von mir mit *D* bezeichnete, und dass sie das antagonistische Verhalten gewisser Lichtstrahlen zum Sehorgan verkennt; daher sie das Weiss aus „complementären" Lichtstrahlen nicht dadurch entstehen lässt, dass sie sich in ihrer Wirkung auf die farbigen Sehsubstanzen aufheben, sondern dadurch, dass sie sich zu Weiss ergänzen.

Ein entschiedener Fortschritt war dieser erste Versuch, die grosse Mannigfaltigkeit der Licht- und Farbenempfindungen auf einige wenige physiologische Variable zurückzuführen. Der richtige Grundgedanke aber erfuhr eine falsche Durchführung, weil man sich dadurch irre leiten liess, dass es in der That möglich ist, mit Hülfe dreier, passend gewählter Arten homogenen

---

[1] Über die Wirkung der räumlichen Vertheilung des Lichtreizes auf die Netzhaut. Sitzungber. dies. Akad. 52. Bd. 1865.

Lichtes alle Farbentöne, wenn auch nicht alle Sättigungsgrade derselben zur Empfindung zu bringen. Da die Strahlen des spectralen Roth nicht nur auf die rothgrüne, sondern auch wenngleich schwächer auf die blaugelbe Substanz erregend wirken, so braucht man diesen Strahlen nur die nöthige Menge grüner Strahlen beizumischen, um die Wirkung der rothen Strahlen auf die rothgrüne Substanz zu neutralisiren und ein, allerdings sehr weissliches Gelb in der Empfindung übrig zu behalten. Nimmt man zu Spectralroth und Grün das Blau als dritte Grundfarbe, so ist man also im Stande, alle Farbentöne zu erzeugen. Nimmt man dagegen als dritte Grundfarbe das Violett, so thut man insofern etwas Überflüssiges, als man das darin enthaltene Roth nicht mehr nöthig hat, sondern nur das Blau. Das Blau erhält man gleichwohl, wenn man die Wirkung der violetten Strahlen auf die grünrothe Substanz durch Zusatz von Grün neutralisirt.

Sehen wir ab von dem richtigen Grundgedanken, von welchem die Young'sche Hypothese ausgeht, so bleibt nicht viel Gutes mehr von ihr zu berichten. Insbesondere vermag sie jene Thatsachen, welche man als die Hauptstütze der Theorie betrachtet hat, nämlich die „complementären" Nachbilder und die Farbenblindheit gar nicht genügend zu erklären. Eine grosse Reihe von Erscheinungen aber, die aus der Young'schen Theorie zu erklären bisher gar nicht versucht worden ist, findet in der neuen Theorie leicht ihre Erklärung.

Zur Erklärung der „complementären" Nachbilder nimmt Helmholtz eine unter dem Einflusse vorangegangener farbiger Reizung entstandene ungleiche Erregbarkeitsänderung oder Ermüdung der drei Faserarten an. Diese Erklärung genügt in vielen Fällen, wenn man sich nur an den Farbenton des Nachbildes hält, seine Helligkeit oder Dunkelheit aber, d. h. das Verhältniss des immer gleichzeitig vorhandenen Weiss und Schwarz ganz vernachlässigt. Aber auch der Farbenton der Nachbilder lässt sich häufig auf diese Weise gar nicht erklären.

Ich will diess hier vorläufig nur an einem einzigen Beispiel erläutern. Man lege auf einen farbigen, z. B. grünen Grund zwei grosse Blätter, welche gleich hell wie der Grund und ungefähr „complementär" zum Grün gefärbt sind, derart dass diese rothen Blätter nur einen centimeterbreiten Streifen vom grünen Grunde zwischen sich lassen. Einen Punkt dieses

Streifens fixire man 1—1½ Minuten lang. Entfernt man dann rasch die rothen Blätter, so erscheint der Streifen, der soeben noch deutlich grün war, in einem sehr schmutzigem Roth. Die grüne Farbe des Streifens verwandelt sich also lediglich infolge der Entfernung der rothen Blätter in ihre, allerdings sehr verunreinigte Gegenfarbe (vergl. §. 34).

Zur Erklärung solcher Fälle benützt Helmholtz die „falschen Urtheile", indem er sagt, der Streifen werde gar nicht roth, sondern nach wie vor grün empfunden, aber im Gegensatze zu dem ungewöhnlich satten Grün der Umgebung roth vorgestellt. Im Contrast zu einem so intensiven Grün halte man das durch Ermüdung sehr abgeschwächte Grün des Streifens nicht blos für nicht grün, sondern sogar für röthliches Grau. Durch diese „psychologische" Erklärung kann also Roth in Grün und überhaupt jede Farbe in ihre Gegenfarbe verkehrt werden.

Aber ebenso, wie ich früher für die schwarzweissen Empfindungen die Haltlosigkeit derartiger Erklärungen nachgewiesen habe, lässt sie sich auch für die farbigen darthun. Die Versuche über Contrast und Induction, die ich für Weiss und Schwarz beschrieben habe, lassen sich, wie schon erwähnt wurde, auch mit je zwei Gegenfarben anstellen, wenn man mit möglichst neutral gestimmtem Sehorgane arbeitet oder die Umstimmung desselben durch die eben herrschende Beleuchtung mit einrechnet.

Sehr schlagend sprechen meiner Meinung nach die Erfahrungen an Farbenblinden gegen die Young'sche Theorie, obwohl man gerade in ihnen eine Stütze der Theorie gefunden zu haben glaubte. Was man jetzt einen Rothblinden nennt, ist vielmehr ein Roth-Grünblinder, d. h. es fehlt ihm die rothgrüne Sehsubstanz. Dem entsprechend sieht er farblos, was Andern in einer der beiden Grundfarben Roth oder Grün erscheint; in allen Roth oder Grün enthaltenden Mischfarben aber sieht er nur das Gelb oder Blau. In seinem Sonnenspectrum liegen nur zwei Partialspectren, das schwarzweisse und das gelbblaue. Die Stelle des Grün erscheint ihm farblos und theilt sein Spectrum in eine gelbe und eine blaue Hälfte. Reines Gelb und reines Blau nebst Schwarz und Weiss genügen also, um alle ihm vorkommenden Farben daraus zu mischen.

Ob es solche absolut Roth-Grünblinde gibt, weiss ich nicht; schon wenn die Menge der rothgrünen Substanz abnorm gering ist, werden alle ihr zugehörigen Empfindungen unter die Schwelle kommen können, und die wesentlichsten Erscheinungen der sogenannten Rothblindheit auftreten.

Die Widersprüche, in die man sich, wie die neue Literatur über diesen Gegenstand zur Genüge zeigt, immer wieder ver-

wickelt, so oft man die Farbenblindheit aus der Young'schen Theorie erklären will, lösen sich, soviel ich bis jetzt sehe, leicht bei der Erklärung aus meiner Theorie, wie ich später selbst zu zeigen gedenke.

Auch der Plateau'schen Theorie liegt ein richtiger Gedanke zu Grunde, in sofern sie von der schon alten Annahme gegensätzlicher Zustände des Sehorganes ausgeht, und ein weiterer Vorzug dieser Theorie liegt darin, dass sie den simultanen Contrast physiologisch zu erklären sucht. Aber jede erspriessliche Durchführung der Theorie müsste sofort an der paradoxen Annahme Plateau's scheitern, dass „complementäre" Farben sich zu Weiss ergänzen, wenn sie objectiv, zu Schwarz, wenn sie nur subjectiv gegeben sind, was sich, wie bereits Fechner zeigte, schon durch kleine Abänderungen derjenigen Versuche widerlegen lässt, durch welche es Plateau zu beweisen suchte.

§. 48.

Schlussbemerkungen.

Ehe ich diese Mittheilungen über die Grundzüge einer neuen Theorie des Licht- und Farbensinnes schliesse, möchte ich noch einmal in der Kürze die Hauptpunkte derselben hervorheben, damit nicht etwa über einer Discussion untergeordneter, hier nur flüchtig und vielleicht mangelhaft erörterter Nebendinge die Hauptsache aus dem Auge verloren werde.

Die vorliegende Theorie, obwohl zunächst gegründet auf eine möglichst vorurtheilsfreie Analyse der Gesichtsempfindungen, wurzelt doch sehr wesentlich mit in gewissen Grundgesetzen, welche ich aus den Erscheinungen des organischen und des psychischen Lebens überhaupt abstrahirt habe und freilich hier nur nebenbei behandeln konnte, nämlich einerseits in dem im §. 29 ausgesprochenen psychologischen Grundgesetze, aus welchem sich die wichtige Feststellung des Begriffes der Qualität und des Gewichtes der Empfindungen ergab, und andererseits in dem Satze, dass jede lebendige und erregbare Substanz, entsprechend den in ihr gleichzeitig stattfindenden Dissimilirungs- und Assimilirungsprocessen, auch eine oder mehrere specifische D-Erregbarkeiten und ebenso viele A-Erregbarkeiten besitzt, und dass

man demgemäss auch die *D*-Reize von den *A*-Reizen zu unterscheiden habe, die *D*-Ermüdungen von den *A*-Ermüdungen etc. Erst durch diese Auffassung kommt meiner Ansicht nach Zusammenhang in zahlreiche Sätze der Physiologie überhaupt und insbesondere der Nerven- und Muskelphysiologie, so wie etwas Licht in die Erscheinungen des psychischen Lebens.

Was nun die Licht- und Farbenlehre insbesondere betrifft, so ist zuerst das auf die innere Ähnlichkeit der Empfindungen gegründete natürliche System der Gesichtsempfindungen zu betonen, worin jeder Empfindung ihre Stelle bestimmt ist durch das Verhältniss, in welchem die sechs Grundempfindungen (deren mehrere unter der Schwelle sein können) gleichsam gemischt erscheinen; ferner die Gruppirung der sechs Grundempfindungen zu drei Paaren von Gegenfarben.

Hieran reiht sich als fundamental wichtig die Auffassung der Gesichtsempfindungen als des psychischen Correlates der Ernährungsvorgänge oder des Stoffwechsels in der Sehsubstanz, welche Auffassung zur Unterscheidung von *D*- und *A*-Empfindungen, und weiter zu dem Satze führt, dass jede *D*-Empfindung eine Abnahme, jede *A*-Empfindung eine Zunahme der Sehsubstanz bedeutet. Entsprechend den drei Paaren einfacher oder Grundempfindungen werden drei Arten des Dissimilirungs- und Assimilirungsprocesses der Sehsubstanz und drei Arten specifischer *A*- und *D*-Erregbarkeit angenommen. Die Farblosigkeit des aus „complementären" Lichtarten gemischten Lichtes wird aus dem antagonistischen Verhalten solcher Lichtarten erklärt.

Zum ersten Male wird ferner methodisch und umfassend der Nachweis geführt, dass die einzelnen Theile des nervösen Sehorganes in inniger functioneller Wechselbeziehung stehen, welche Wechselbeziehung als eine gegenseitige Beeinflussung des Stoffwechsels aufgefasst wird, derart, dass wenn $\frac{D}{A}$ an einer gereizten Stelle grösser wird, es in der Umgebung kleiner wird und umgekehrt, so dass nach der Reizung beide Theile in entgegengesetztem Sinne in ihrer Erregbarkeit verändert sind.

Diese Sätze und ihre Folgerungen boten nun zwar die Möglichkeit, jede der erwähnten Erscheinungen zu erklären, aber es

zeigte sich dabei, dass öfters für eine und dieselbe Erscheinung zunächst mehrere Erklärungen denkbar waren, und dass die Entscheidung über die richtige späteren Detailuntersuchungen vorbehalten werden musste. Hierin wird man vielleicht einen Mangel der Theorie sehen, aber ganz mit Unrecht. Denn dieser scheinbare Mangel ist durchaus im Wesen der Sache begründet und vielmehr ein Vorzug der neuen Theorie, insofern als jede Theorie, die weniger Variable einführt, als zur Erklärung aller Erscheinungen nöthig sind, zwar den scheinbaren Vorzug grösserer Einfachheit, aber den wirklichen Nachtheil der Unzulänglichkeit hat.

Was wir in einer Gesichtsempfindung unmittelbar auffassen, ist das Verhältniss der entsprechenden *D*- und *A*-Processe zu einander, denn durch dieses ist die Qualität der Empfindung bedingt. Die Veränderung der Empfindung gibt uns also auch zunächst nur Aufschluss über die Veränderung jenes Verhältnisses, nicht aber über die absoluten Veränderungen der einzelnen Glieder jenes Verhältnisses. So kommt es, dass man bei der Erklärung so oft zunächst die Wahl hat zwischen einer Steigerung der Assimilirung und einer Hemmung oder Minderung der Dissimilirung und umgekehrt. Aber die Theorie gibt selbst Mittel und Wege in die Hand, durch eingehendere Untersuchungen auch die Veränderungen der einzelnen Glieder jenes Verhältnisses festzustellen. Infolge dessen vermag man dann mit Hilfe dieser Theorie auch Einzelheiten zu erklären, die den bisherigen Theorien ganz unzugänglich waren.

Derartige Untersuchungen aber sind, sobald man durch sie über die Hauptphänomene hinaus zu den feineren Einzelheiten vorzudringen sucht, sehr zeitraubend, weil die Stimmung des Sehorganes eine so sehr labile und die Beleuchtung eine so variable ist, daher es schwer wird, oft hintereinander immer wieder dieselben Versuchsbedingungen herbeizuführen.

Obgleich ich selbst sehr gut weiss, wie viel hier noch zu thun ist, habe ich es doch für zweckmässig gehalten, stellenweise schon hier die Erklärung des Details zu versuchen, nur um zu zeigen, dass und wie sie möglich ist. Wenn ich hiebei einigemale besondere Annahmen machen musste, so waren diess doch, worauf ich Gewicht lege, keine von aussen

hergeholten Hilfshypothesen, sondern das Hypothetische lag nur in der vorläufigen Bevorzugung einer von mehreren Möglichkeiten, welche sich folgerichtig aus der Theorie entwickeln liessen. Spätere ausführlichere Erörterungen einzelner Fragen werden mir Gelegenheit geben, diese vorläufigen Erklärungen entweder als die richtigen zu erweisen oder durch bessere zu ersetzen. Die Hauptsätze der Theorie werden dadurch, wie ich hoffe, nicht alterirt werden.

XXII. SITZUNG VOM 15. OCTOBER 1874.

Der Secretär theilt eine Zuschrift Sr. Excellenz des Herrn Ackerbau-Ministers vom 11. October mit, womit eröffnet wird, dass dem von der Akademie befürworteten Ansuchen der Herren Hofrath von Schrötter und Bergrath Adolf Patera entsprechend, die Berg- und Hüttenverwaltung zu Joachimsthal angewiesen wurde, eine Quantität vanadinsauren Natrons einzusenden und den genannten Herren zur Verfügung zu stellen.

Herr Dr. Fr. Steindachner übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Ichthyologische Beiträge.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 29. Wien, 1874; 4°.

Central-Observatorium, Physikalisches, zu St. Petersburg: Jahresbericht für 1871 und 1872. St. Petersburg, 1873; 4°. — Annalen: Jahrgang 1872. St. Petersburg, 1873; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIX, Nr. 13. Paris, 1874; 4°.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Tijdschrift voor indische taal-, land- en volkenkunde. Deel XXI, Aflev. 2. Batavia, & 's Hage, 1874; 8°. — Notulen. Deel XI. 1873, Nr. 3 & 4. Batavia, 1874; 8°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XVII (neuer Folge VII), Nr. 9. Wien, 1874; 8°.

— naturforschende, in Danzig: Schriften. N. F. III. Bandes 2. Heft. Danzig, 1873; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 41. Wien, 1874; 4°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, von C. Ohrtmann, F. Müller, A. Wangerin. IV. Band. Jahrgang 1872. Heft 1. Berlin, 1874; 8°.

Leiden, Universität: Annales academici. 1868—1869, 1869—1870. Lugduni-Batavorum, 1873 & 1874; 4°.

Löwen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften für das Jahr 1873/4. 8° & 12°.

Musée Teyler: Archives. Vol. III. fasc. 3me. Haarlem, Paris & Leipzig, 1873; 4°.

Nature. Nrs. 248, 250, 258, Vol. X. London, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IVe Année, 2me Série, Nr. 15. Paris 1874; 4°.

Société Hollandaise des Sciences naturelles: Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles. Tome VIII, 3e & 4e Livraisons. La Haye, Bruxelles, Paris, Leipzig, Londres & New-York, 1873; 8°. — Bibliotheca ichthyologica et piscatoria. Haarlem, 1873; 8°.

— Linnéenne du Nord de la France: Bulletin mensuel. 3e Année. 1874; Nrs. 25—28. Amiens; 8°.

Society, The Royal, of London: Philosophical Transactions. For the Year 1873. Vol. 163, Parts 1 & 2. London, 1874; 4°. — Proceedings. Vol. XXI, Nrs. 146—147. Vol. XXII. Nrs. 148—150. London, 1873 & 1874; 8°. — The Anatomy of the Lymphatic System. By E. Klein. London, 1873; 8°. — The Royal Society. 30th November 1873. 4°.

— The Zoological, of London: Transactions. Vol. VIII. Parts 6—8. London, 1873 & 1874; 4°. — Proceedings. For the Year 1873. Parts I—III; for the Year 1874. Part I. London; 8°.

Vereeniging, Koninkl. natuurkundige in Nederlandsch Indië: Natuurkundige Tijdschrift. Deel XXXII. (VII. Serie. Deel II. Aflv. 4—6). Batavia, 's Gravenhage, 1873; 8°.

Verein, Entomologischer, in Berlin: Berliner Entomologische Zeitschrift. XVIII. Jahrgang. (1874.) 3. & 4. Vierteljahrsheft. Berlin; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang Nr. 40—41. Wien, 1874; 4°.

XXIII. SITZUNG VOM 22. OCTOBER 1874.

Herr Prof. Dr. Ludwig Boltzmann erstattet seinen Dank für seine Wahl zum correspondirenden Mitgliede der Akademie.

Derselbe übermittelt ferner einen Nachtrag zu seiner in der Sitzung am 8. October vorgelegten Abhandlung: „Zur Theorie der elastischen Nachwirkung.“ I.

Herr Dr. L. J. Fitzinger erstattet Bericht über die von ihm, mit Unterstützung der Akademie, an den oberösterreichischen Seen und in den dortigen Anstalten für künstliche Fischzucht gewonnenen Erfahrungen, bezüglich der Bastardformen der Salmonen.

Herr Dr. J. Peyritsch legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Zur Synonymie einiger Hippocratea-Arten.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Royale de Copenhague: Mémoires. Classe des Lettres. Vol. IV, Nr. 10. Copenhague, 1873; 4°. — Bulletin pour 1873. Nrs. 2—3. Copenhague; 8°.

— Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg: Mémoires. VIIe Série, Tome XIX, Nrs. 8—10; Tome XX, Nrs. 1—5; Tome XXI, Nrs. 1—5. St.-Pétersbourg, 1873 & 1874; 4°. — Bulletin. Tome XVIII, Nrs. 3—5; Tome XIX, Nrs. 1—3. St.-Pétersbourg, 1873 & 1874; 4°. — Repertorium für Meteorologie. Band III. St. Petersburg, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. August 1874. Berlin; 8°.

— der Wissenschaften und Künste zu Agram: Rad. Knjiga XXVIII. U Zagrebu, 1874; 8°. — *Monumenta spectantia historiam Slavorum meridionalium.* Vol. IV. U Zagrebu, 1874; 8°. — Stari pisci hrvatski. Knjiga VI. U Zagrebu, 1874; 8°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

9.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

XXIV. SITZUNG VOM 5. NOVEMBER 1874.

Der Präsident gibt Nachricht von dem heute erfolgten Ableben des wirklichen Mitgliedes Herrn Regierungsrathes und Professors Dr. Friedrich Rochleder.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Die Direction der k. k. Unterrealschule zu Bruneck dankt mit Zuschrift vom 24. October für die Betheilung dieser Lehranstalt mit Werken und Separatabdrücken.

Das k. k. militär-geographische Institut macht die Anzeige vom Erscheinen einer Generalkarte von Central-Asien.

Herr Dr. Guido Goldschmiedt überreicht den ersten Theil einer Abhandlung „Über die Bestandtheile des aus schwarzem Senfsamen gewonnenen fetten Öles."

Herr Dr. F. Exner legt eine Abhandlung: „Über den Durchgang der Gase durch Flüssigkeitslamellen" vor.

Herr Prof. Dr. S. L. Schenk übergibt eine Abhandlung, betitelt: „Entwickelungsvorgänge im Eichen nach der künstlichen Befruchtung von *Serpula*".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXVII, Sess. 5ª. Roma, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Kgl. bayer., in München: Abhandlungen der histor. Classe. XII. Band, II. Abth. München, 1874; 4°. (Nebst den betreffenden Separatabdrücken.) — Sitzungsberichte der philos.-philolog. und histor. Classe. 1873, Heft VI; 1874 Heft I—III; Sitzungsberichte der mathem.-physik. Classe. 1874, Heft I—II. München; 8°. — Dr. Justus Freiherrn von Liebig zum Gedächtniss. Rede von Max v. Pettenkofer. München, 1874; 4°. — Justus

Freiherr von Liebig als Begründer der Agrikultur-Chemie. Eine Denkschrift von August Vogel. München 1874; 4°. — Über den Einfluss des Freiherrn Justus von Liebig auf die Entwicklung der Physiologie. Eine Denkschrift von Theodor L. W. v. Bischoff. München, 1874; 4°. — Gedächtnissrede auf König Johann von Sachsen, gehalten von J. v. Döllinger. München, 1874; 4°.

Akademie der Wissenschaften, k. k., zu Krakau: Rocznik. Rok 1873. W Krakowie, 1874; 8°. — Lud. Serya VI—VII. Kraków, 1873—1874; 8°. — Bibliografia polska XIX. stólecia. Tom I—II. (A—L.) Kraków, 1872 & 1874; 8°. — *Scriptores rerum polonicarum. Tomus II.* Kraków, 1874; 8°. — Sprawozdanie komisyi fizyograficznéj. Tom VII. W Krakowie. 1873; 8°. — Rozprawy i sprawozdanie z posiedzeń wydziału historyczno-filozoficznego. Tom. I. W Krakowie, 1874; 8°. — Pamiętnik. Wydziały: Filologiczny i historyczno-filozoficzny. Tom I. W Krakowie, 1874; 4°. — Wydawnictwa komisyi historycznéj. Nr. 3. W Krakówie, 1874; 4°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie. Band 172, Heft 3; Band 173, Heft 1. Leipzig & Heidelberg, 1874; 8°.

Annales des mines. VIIe Série. Tome V. 2me & 3me Livraisons de 1874. Paris; 8°.

Archiv der Mathematik und Physik, gegründet von J. A. Grunert, fortgesetzt von R. Hoppe. LVI. Theil, 3. & 4. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Bibliothèque Universelle & Revue Suisse: Archives des sciences physiques et naturelles. N. P. Tome L^e, Nrs. 199—200; Tome LIe, Nr. 201. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Bureau de la recherche géologique de la Suède: Carte géologique de la Suède. Feuilles Nrs. 46—49. Gross Folio. (Avec renseignements in 8°.) — Description de la formation carbonifère de la Scanie, par Ed. Erdmann. Stockholm, 1873; 4°. — Beskrifning öfver Besier-Ecksteins kromolitografi och litotypografi. Af Algernon Börtzell. Stockholm, 1872; 4°. — Jakttagelser öfver moränbildningar etc. Af Ed. Erdmann. Stockholm, 1872; 8°. — Über die Geognosie der schwedischen Hochgebirge, von A. E. Törnebohm. Stockholm, 1873; 8°. — Om några försteningar från Sveriges

och Norges „Primordialzon“, af J. G. O. Linnarsson. Stockholm, 1873; 8°. — Öfversigt af de geologiska förhållandena vid Hallands ås, af David Hummel. Stockholm, 1872; 8°. — Bidrag till kännedom om Sveriges erratiska bildningar etc., af Otto Gumaelius. Stockholm, 1872; 8°. — Die Ausstellung der geologischen Landes-Untersuchung Schwedens auf der Weltausstelluug in Wien 1873. Stockholm; 8°.

Cosmos di Guido Cora. II—III. Torino, 1874; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIX, Nrs. 15—17. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft der Wissenschaften, königl. böhmische: Abhandlungen vom Jahre 1873. VI. Folge. VI. Band. Prag, 1874; 4°. — Sitzungsberichte. Jahrgang 1872. Juli—December. Prag. 1873; 8°.

— Schlesische, für vaterländische Cultur: Abhandlungen. Philos.-histor. Abtheilung. 1873/4. Breslau, 1874; 8°. — LI. Jahres-Bericht. Breslau, 1874; 8°.

— physikal.-medicin., zu Würzburg: Verhandlungen. N. F. Band VII., u. Band VIII. 1. & 2. Heft. Würzburg, 1874; 8°.

Jahrbücher der k. k. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. N. F. IX. Band. Jahrgang 1872. Wien, 1874; 4°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band X. 1.—6. Heft. Leipzig, 1874; 8°.

Meunier, Stanislas, Cours de Géologie comparée. Paris, 1874; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 20. Band, 1874. Heft X, nebst Ergänzungsheft Nr. 38. Gotha; 4°.

— Mineralogische, von G. Tschermak. Jahrgang 1874, Heft 3. Wien; 4°.

Nature. Nr. 260, Vol. X. London, 1874; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IVe Année, 2me Série, Nrs. 17—18. Paris, 1874; 4°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. IV. Vol., fasc. 2° Firenze, 1874; 8°.

— degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1874. Disp. 6ª—8ª. Palermo, 1874; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Tome XLVIII. Année 1874, Nrs. 1—2. Moscou; 8°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I, Nr. 2. 1874. Calcutta; 8°. — Proceedings. 1874, Nrs. VI & VII. Calcutta; 8°. — *Bibliotheca Indica.* N. S. Nrs. 268, 294, 306. Calcutta, 1873 & 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 43—44. Wien, 1874; 4°.

Würzburg, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873/4. 4° & 8°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 14. Heft. Wien, 1874; 4°.

Studien über die Entwickelung der Extremitäten des Menschen, insbesondere der Gelenkflächen.

Von

Wilhelm Henke,
Professor in Prag.

Carl Reyher,
Privatdocenten in Dorpat.

(Mit 4 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. Juli 1874.)

Einleitung.

Die rege Thätigkeit der Forscher, welche gegenwärtig das Studium der Entwickelungsgeschichte in den Vordergrund des Interesses drängt, ist nicht nur geeignet, zwischen den verschiedenen anatomischen Disciplinen, der allgemeinen, der speciell menschlichen und vergleichenden, die in der jüngstvergangenen Generation mehr und mehr auseinander gegangen waren, eine innigere Berührung und Ergänzung wiederherzustellen, sondern muss zugleich auch das Bedürfniss nach einem eingehenden physiologischen Verständnisse des Werdens der organischen Formen wachrufen. Der kühne Versuch von W. His, gleich die frühesten Stadien der Entwickelung des Wirbelthierleibes im Ei auf einfache mechanische Gesetze zurückzuführen, verdient wohl nicht den Hohn, mit welchem kürzlich der Prophet der modernen zoobiologischen Weltanschauung, E. Häckel, über ihn hergefallen ist, und rechtfertigt am wenigsten die Überhebung, mit welcher ihm von dieser Seite das Princip der „Vererbung" entgegengestellt werden will. Denn damit ist doch im Grunde für eine Erklärung der Vorgänge nicht mehr geleistet, als wenn man sonst alles, was sich der physikalischen oder chemischen

Analyse entzog, einfach durch die „Lebenskraft“ besorgen liess. Aber das wird nicht geleugnet werden können, dass schon die Ableitung der ersten Grundzüge für die Gliederung des werdenden Leibes aus Knickungen des Keims in Folge ungleichen Wachsthums in verschiedenen Richtungen mehr oder weniger über das Ziel hinausgeschossen hat, und vollends wird es im weiteren Verfolg des damit genommenen Anlaufes kaum denkbarer Weise gelingen, den ganzen Bau des fertigen Organismus ab ovo zu construiren. Denn man kann auf diese Weise wohl zu sehr complicirten Gestalten gelangen, aber bei der grossen Verschiebung, welche die geringste Variation eines der vielen Coefficienten im Resultate ihrer Zusammenwirkung zur Folge haben müsste, nicht zu einem, doch bis in seine kleinsten Details festen Typus der angeerbten Form. Vielmehr werden wir uns wohl vorstellen müssen, dass allen den gestaltungsreichen Vorgängen, welche wir unter dem Namen der Vererbung zusammenfassen können, eine Organisation mit ihren Functionen zu Grunde liegt, so fein durchgebildet, dass sie leicht ebensoweit jenseits der Anschauungen, die wir jetzt durch das Mikroskop haben, liegen mag, wie diese über das hinaus gehen, was man vordem sehen konnte, und wenn dem so ist, werden wir gut thun, uns zu bescheiden, dass wir unmittelbar an der Stelle, wo zuerst die vererbte Übertragung der Form von Vorfahren her als Neugebilde zur Geltung kommt, den Hebel nicht ansetzen können, um zu einer exacten Erklärung der Art, wie diess geschieht, zu gelangen.

Wenn wir nun aber trotzdem nicht darauf verzichten wollen, die Entwicklungsgeschichte aus dem Niveau einer rein descriptiven Registrirung von anatomischen Ergebnissen zu dem Range einer physiologischen Doctrin zu erheben, so werden wir, nachdem die neubelebte Bearbeitung derselben, anknüpfend an die ihr unmittelbar vorhergegangene Glanzperiode der Histologie zunächst die frühesten Stadien der Neuorganisation, Zellentheilung, Dotterfurchung zum Ausgang genommen hat, nun erst wieder auf die Werdeformen zurückgehen müssen, welche der fertigen Ausgestaltung unmittelbar vorhergehen, um mit bereits bekannten Lebevorgängen die Fühlung wieder herzustellen. F. X. Bichat hat einmal gesagt, in physiologischen Dingen komme man immer nur weiter durch Ausgehen von den secundären Phänomenen. Fangen wir

auch so die Entwickelungsgeschichte wieder mehr von hinten an! d. h. 1) von den Stadien, wo die Formen der Organe sich nicht zuerst schattenhaft anlegen, wie „eine dunkle Geburt aus dem unendlichen Meer", sondern sich als im Umriss bereits gegebene feiner ausmodelliren unter ähnlichen Bedingungen, wie dies sowohl pathologischer, als auch normaler Weise, auch nach der Geburt unter unseren Augen noch geschieht; 2) von den Organen und Geweben, welche voraussichtlich nicht in unmittelbarster Prädestination ihre Formung von den Keimstoffen erhalten, sondern indirect durch die auf ihre ersten gleichförmigen Anlagen einwirkenden bereits fertigen Functionen anderer, welche früher entstehen, d. h. z. B. in erster Linie der verschiedenen Producte der Differenzirung von Bindesubstanzen aus einer ursprünglich gleichen Gewebsanlage zu den verschiedenen Materialien des Skelets, Knorpel, Bänder, Faserknorpel, Knochen u. s. w. Aus beiden Gesichtspunkten scheint es an der Zeit, ein lange vernachlässigtes Stück der Entwickelung jetzt in Angriff zu nehmen, die der Bewegungsorgane, der Extremitäten mit ihren festen Gliederungen. Da dürften sich wenigstens Ansätze zu einem Verständnisse der Vorgänge, die der Vererbung zu Grunde liegen, ja sogar Bedingungen zu dem, was man Anpassung nennt, ergeben. Das grösste und fruchtbarste Feld der unmittelbaren Beobachtung des Werdens wird sich hier den physiologisch arbeitenden Zoologen eröffnen, wenn sie an Thieren, denen die Extremitäten erst wachsen, wenn sie bereits ohne dieselben sich frei zu bewegen angefangen haben, wie die Froschlarven, den Aufbau derselben mit Nerven, Muskeln und Skelet im lebendigen Verein verfolgen.

Wir unsererseits waren durch Neigung, Vorstudien und Gelegenheit darauf geführt, ein engeres Gebiet für unsere Untersuchung zu wählen, die Entwickelung der Extremitäten an menschlichen Embryonen, die meist schon in der hiesigen anatomischen Sammlung in Spiritus aufbewahrt waren. Wir mussten demgemäss darauf verzichten, sowohl die rein histologischen Sonderungen der Organe, wie sie nur frisch sich rein darstellen, genauer zu ermitteln, als auch das Ineinandergreifen von activeren und passiveren Organen, Nerven, Muskeln und Skelet zu analysiren. Dagegen hatten wir volle Gelegenheit, dem Gegenstande unser

ungetheiltes Augenmerk zuzuwenden, welchen wir auch von vornherein für den geeignetsten halten, um an ihm das Werden der Form auf einfache Gesetze zurückzuführen, den Theilen, deren Gestalt, wie sie die mathematisch einfach bestimmbarste ist, welche die Anatomie des fertigen Organismus kennt, so voraussichtlich auch die einfachsten Bedingungen ihrer Entstehung hat, den Gelenkflächen nämlich, mit welchen die einzelnen Skeletabschnitte einander congruent berühren und welche, indem gemäss ihrer Rotations- oder Schraubengestalt eine gleitende Verschiebung zwischen ihnen ohne Aufhebung dieses Contactes möglich ist, den normalen Mechanismus der fertigen Gelenke bedingen.

Resumiren wir, ehe wir weiter gehen, was in Bezug auf die Vorgeschichte dieser Theile unseres Organismus bis jetzt an begründeten Vorstellungen gegeben ist. Es handelt sich dabei in erster Linie darum, wie die einzelnen Abschnitte des Skelets ursprünglich sich von einander absetzen oder miteinander verbinden. Mit diesem doppelten Ausdrucke für das, was in Frage steht, giebt sich auch eine doppelte Möglichkeit der Beantwortung: entweder eine zu Anfang in Continuität angelegte Einheit von grösseren Skeletabschnitten gliedert sich in kleinere dadurch, dass ihr Gewebe sich nachträglich durch Einschnitte in mehrere getrennte Portionen gleichartiger Organanlagen zerlegt; oder diese einzelnen Glieder, die im fertigen Zustande das ganze Skelet zusammensetzen, entstehen dadurch, dass in der ersten, noch nicht zu Organen differenzirten Körperanlage, an von vornherein getrennten Stellen das Gewebe sich zu Kernen von festerer Structur verdichtet und diese, indem sie einander entgegenwachsen, sich mit einander verbinden. Wir glauben nicht zu viel zu sagen, wenn wir das Ergebniss einer flüchtigen Durchsicht der einschlagenden Literatur von Bär und Rathke bis herab auf Luschka und Hüter dahin zusammenfassen, dass es bisher ziemlich unbestimmt geblieben ist, ob die eine oder die andere dieser beiden Möglichkeiten als der typische Entwickelungsgang der Skeletgliederung gelten kann, indem wiederholt von Abschnürungen einer einfachen Säule geredet wird, welche in der Anlage einer Extremität als Skelet zuerst auftritt, und doch wieder in der Art, dass ihre einzelnen Glieder erst als

gesonderte deutlicher verdichtet werden, oder schon vorher eine angedeutete Sonderung erkennen liessen. In der That kann es sehr wohl sein, dass das eine und das andere bei der gleichzeitigen Herausbildung von Organen und Geweben vorwiegend ist.

Eine andere Frage ist die, in welcher Weise die Formen von Contactflächen der Knochen, Gelenkköpfe, Gelenkpfannen etc. sich ursprünglich entwickeln, ob die Skeletabschnitte, indem sie zuerst wachsen, auch sogleich an ihren Endstücken diese, dem fertigen Mechanismus als bedingend zu Grunde liegende Form annehmen, oder dieselbe erst mit und unter dem in Gang kommenden Mechanismus erhalten. Hierüber liegen bisher, soweit es wenigstens die erste Bildungsgeschichte betrifft, nur hypothetische Ansichten vor, welche von der Analogie mit Modificationen der Gestaltung eben dieser Theile abgezogen sind, wie solche im Leben auftreten oder künstlich hervorgebracht werden können. L. Fick hat kurz vor seinem Tode eine Reihe von Versuchen an jungen Hunden gemacht, welche zeigen, dass Elimination von Muskeln, welche auf ein Gelenk wirken, die Krümmung der Contactfläche desselben schwächer (den Radius derselben weniger klein) und in Folge dessen bei sonst gleichen Durchmessern des Contactes den Spielraum der Bewegung kleiner bleiben lässt, und hat hieraus auf die frühere Entwickelung den Schluss gemacht, dass die Wirkung der Muskeln eine wesentliche Bedingung für die eigenthümliche Gestaltung der Gelenkflächen in ihrer Entstehung ist. Dem schliessen sich die Ergebnisse der Untersuchung von C. Hüter über die Veränderungen der Gelenke von Neugeborenen an, wobei sich eine Vergrösserung der Contactflächen nach der Seite einer vermehrten Bewegungsexcursion, eine Verödung derselben auf der einer verminderten zeigt. Ebenso die ganz analogen pathologischen Veränderungen, welche sich aus der Zergliederung der Contracturen des Fusses durch den Einen von uns ergeben, und das Resultat der Versuche des Anderen mit Immobilisirung der Gelenke von wachsenden Hunden. Immer zeigt sich, dass einseitige Excursion die Ausdehnung und Krümmung der Gelenkfläche vermehrt, aufgehobene deren normale Entwickelung nicht zu Stande kommen lässt.

Zwischen jenen unbestimmten Andeutungen über die erste Gliederung und dem Versuche einer Uebertragung dieser Beob-

achtungen im späteren Leben klafft in der bisherigen Kenntniss der Entwickelung der Gelenke eine Lücke der Beobachtung, zu deren Ausfüllung das Ergebniss unserer Beobachtungen wenigstens einen ersten Beitrag darstellen kann. Ausserdem sind bei denselben eine Reihe von Bildern zu Tage getreten, welche wie andere Entwickelungsvorgänge den durchgreifenden Parallelismus der Entwickelung des menschlichen Einzelindividuums und des menschlichen Typus aus niederen thierischen illustriren. Wir werden zuerst den objectiven Befund unserer Arbeit referiren und dann in jenen beiden Richtungen die Ergebnisse derselben ausziehen.

Erste Anlage und Gliederung der Extremitäten.

Die frühesten Stadien, die wir untersucht haben, gehören 5—6-wöchentlichen Embryonen, von 18—20 Mm. längstem Durchmesser an.

In dieser Periode ragen die vier Extremitäten als je kaum 4 Mm. lange Körper, parallel zur Medianebene gegen die Bauchseite hin am Rumpfe hervor. Der an dem unpräparirten Embryo sichtbare Theil der unteren Extremität hat sogar nur 3 Mm. Länge, liegt aber dafür mit einem grösseren Abschnitt des Oberschenkels, ja fast mit dem unteren Ende desselben in den Beckenweichtheilen verborgen. Scheinbar möchte also die untere Extremität gegenüber der oberen im Wachsthum zurückgeblieben sein. Die Länge des in den Beckenweichtheilen liegenden Abschnittes beträgt jedoch nahe 2 Mm., während die Länge des in den Schulterweichtheilen verborgenen Abschnittes des Oberarms nur 1 Mm. misst. Der scheinbare Unterschied fällt somit. Beide Extremitäten besitzen ziemlich gleiche Länge: bis an die Schultern an Hüftgelenks-Anlagen circa 5 Mm., von denen 2 Mm. auf Oberarm und Oberschenkel, 1 Mm. auf Vorderarm und Unterschenkel und 2 Mm. auf Hand und Fuss fallen. Ellenbeuge und Knie sind schon durch geringe Abbiegungen vom geraden Winkel, entsprechend einem Bogen von 120° äusserlich sichtbar angedeutet.

In dieser fixen Stellung bieten die Extremitäten, jede nach rechts und links hin, d. h. median- und lateralwärts ihre grössten Flächen dar, so dass sie auf die Medianebene projicirt, in ihr einen Breitedurchmesser von 1 1/2 Mm. und auf der Frontal-

ebene einen Dickendurchmesser von nahe 1 Mm. besitzen. Sie sind also, wenn in Bezug auf Hand und Fuss der Vergleich mit den Extremitäten Erwachsener gestattet sein soll, so gelagert, dass Hand und Fuss ihre Volar- und Plantar-Flächen einander zukehren und zwar zu einander und zur Median-Ebene parallel. In welcher Weise sich hiebei Vorderarm und Unterschenkel verhalten, wird später gezeigt werden. So viel schon jetzt: der Fuss biegt sich weder in einem rechten Winkel, noch überhaupt in einer bestimmbaren Winkelgrösse gegen den Unterschenkel ab. Er fällt mit seiner Längsaxe in die Längsaxe des Unterschenkels. Die Plantarfläche des Fusses liegt in der Fortsetzung der mediangerichteten Beugeseite, die Dorsalfläche in der Fortsetzung der lateral gerichteten Streckseite des Unterschenkels. Die angedeutete Biegung im Ellbogen und Knie liegt dagegen in der Richtung von vorn nach hinten, parallel der Medianebene.

An der Peripherie der oberen Extremität zeigen sich ganz minimale Einkerbungen, welche die fünf Finger abzuzählen gestatten. An der unteren Extremität fehlen diese.

Durch diese Extremitäten sind nun parallel zur Medianebene Schnitte gelegt worden. Da Hohlhand- und Sohlenflächen zur Medianebene parallel liegen, so mussten in einem solchen Schnitt nebeneinander alle Theile der ganzen Hand, des ganzen Fusses vorhanden sein. Diese Schnitte, vom Daumen zum kleinen Finger durch die Hand gehend, werden Flächenschnitte genannt werden, im Gegensatz zu solchen, welche senkrecht zu diesen Schnittebenen vom Dorsum zur Vola durchschneidend und zugleich parallel zur Längsaxe der Extremität und resp. der Finger, Dorsovolar-Schnitte genannt werden werden.

Die Schnitte wurden stets in Serien angelegt, so dass von dem Dorsum bis zur Vola, von einem Seitenrande bis zum anderen der ganze Gliedabschnitt in eine Reihe gleich dicker Schnitte zerlegt wurde, und somit in dem Vergleich derselben die Möglichkeit gegeben war, Form, Grösse, Lageverhältniss zu einander und namentlich Vorhandensein oder Abwesenheit jeder Gliedanlage zu bestimmen.

Benutzt wurde ein sehr empfehlenswerthes Mikrotom, welches nach Angabe des Prosectors-Gehülfen Dr. Rosenberg

in Dorpat von dem dortigen Mechanikus Schultze unter Zugrundelegung des Leiser'schen Princips construirt worden ist. Zur Einbettung wurde mit grossem Vortheil die von Professor Flemming angegebene Transparentseife, anfangs auch Parafin, ohne oder mit Wachszusatz gebraucht.

Die Embryonen waren in Alcohol gehärtet. Die Schnitte wurden entweder untingirt in Glycerin untersucht oder nach Färbung mit Hämatoxilin oder Picrocarmin in dasselbe eingeschlossen.

Wir bleiben zunächst bei der oberen Extremität.

In dieser lassen sich bei Embryonen dieses Stadiums, also der 5. und 6. Woche, mit Ausnahme der Endphalangen alle Skelettheile nachweisen. Auf geeigneten Schnitten gelingt es, mit Ausschluss des Daumens, der in seiner Anlage schon etwas gegen die Vola opponirt steht, alle Theile zusammen vor sich zu sehen (Fig. 1) vom Humerus herunter bis zur II. Phalange.

Der Humerus ist mit einem auf dem Durchschnitte kreisähnlichen Kopfe gegen das Schultergerüste begrenzt. Er selbst ist eine mehr weniger gerade runde Säule, an manchen Präparaten gebogen, wie aber aus der Compression der Zellen ersichtlich, artificiell in Folge von durch die Präparation etc. bedingten Manipulationen. Sein unteres Ende besitzt einen walzenförmigen Körper, welcher der Trochlea des Erwachsenen entspricht und mit seiner Axe die Längsaxe des Humerus rechtwinklig schneidet. Die Doppelkegelform des Erwachsenen fehlt. An beiden Enden ist die Walze stumpf zugespitzt, zu den Condylen analogen Theilen. Von einer Fovea humeri antica und postica ist nichts vorhanden. Diese Walze dient der Incisura sigmoidea major der Ulna zum Kopf. Das Olecranon besitzt eine grosse Breite. Vom medialen bis lateralen Ende umgreift dasselbe die Walze. Diese selbst bietet auf Durchschnitten in der medialen Hälfte (Fig. 3) Krümmungslinien von c. 140° Bogenspannung, deren hintere zwei Dritttheile von der Ulna berührt werden. Das vordere Dritttheil ihrer Krümmung hat mit dem Vorderarm keine Berührung. In der lateralen, also radialen Hälfte (Fig. 1) wird die Bogenspannung ziemlich plötzlich eine grössere, erreicht circa 180° und entspricht einem grösseren Durchmesser, als in der medialen Hälfte. Nur der

äusserste hintere Abschnitt der Krümmung hat noch denselben Radius, wie medianwärts. Hier liegt das Olecranon an. Nach vorn auf dem verbreiteten Walzenabschnitt ruht das Köpfchen des Radius. Während also beim Erwachsenen der Gelenkkopf *(Eminentia capitata)*, für die Pfanne des Radiusköpfchens lateralwärts von der Trochlea, gewissermassen in der Verlängerung ihrer Axe liegt, so befindet sich hier der humerale Theil der Radiohumeral-Verbindung vor der Humero-ulnar-Verbindung, liegt die Eminentia capitata vor der Trochlea und zwar als ein der letzteren zugehöriger Theil, als eine Vorwölbung der letzteren in ihrer vorderen Peripherie. Desshalb erhält man auf Schnitten, welche die Axe der Trochlea unter rechtem Winkel treffen, von einem bis zum anderen Condylus stets Bilder mit der Humero-ulnar-Verbindung und nur in einer bestimmten Anzahl solche, in denen zugleich auch die Radiohumeral-Verbindung sichtbar wird. Dabei liegt der Radius übrigens mit seinem unteren Ende etwas medianwärts. Er ist, mit bekanntem Terminus zu sprechen, pronirt gestellt.

Wie aus Vorgehendem erhellt, sind auch Radius und Ulna in kenntlicher Form angelegt (Fig. 1). Sie sind verhältnissmässig kurz. Der Radius hat die halbe Länge der Hand. Beide Vorderarm-Glieder sind von oben bis unten ziemlich gleichmässig. Die Ulna unten vielleicht etwas breiter als der Radius. Sie besitzt ihr Olecranon, ihre Fovea sigmoidea major, ihren Proc. coronoideus, dicht unter demselben jedoch noch einen kleinen Buckel mit der Convexität gegen den Radius gerichtet, als entwickle sich hier ein Gelenk, zu dem der Radius die Pfannen liefern soll. (Fig. 1.)

Der Radius hat seinen Kopf und Hals. Sogar die Tuberositas für die Insertion der Bicepssehne ist durch eine unter dem Hals sitzende Prominenz angedeutet.

An der Handwurzel finden sich alle Theile, sogar die *Cartilago triangularis* (Fig. 1) differenzirt, in ihrer Form freilich sehr unbestimmt, wenn man nicht in einem länglichen Körper das Abbild eines Naviculare, in einem mehr weniger cubischen ein Multangulum majus oder minus sehen will, dagegen in ihrem Lageverhältniss zu einander und zum Vorderarm recht deutlich und präcis bestimmt. In Hinsicht der Grösse fällt die beträchtliche Entwicklung der ulnar gelegenen Hälfte auf. Man erhält

Durchschnitte vom Capitatum und Hamatum, in welche das Multangulum majus 6 Mal hineingezeichnet werden könnte. Das Triquetrum ist reichlich noch ein Mal so gross, wie das Multangulum majus und letzteres selbst wieder kleiner als das Multangulum minus. Das Pisiforme ist noch nicht angelegt. Dagegen finden sich auf der radialen Seite zwischen das Naviculare und die zweite Handwurzelreihe eingeschaltet, zwei Glieder angelegt, über welche später bei den vergleichend anatomischen Ergebnissen weiter berichtet werden wird.

Die Handwurzel verhält sich auch zu den Metacarpen ganz typisch. An das Hamatum schliessen sich die beiden letzten Metacarpen, an die drei anderen Glieder der zweiten Handwurzelreihe die drei übrigen. Während aber die Begrenzungslinien in der Handwurzel selbst höchst unbestimmt sind, weder gekrümmt nach bestimmten Radien, noch irgend geradlinig, so sind dieselben hier ganz regelmässig geradlinig. Die der vier ersten liegen sogar zusammen in einer geraden Linie, von welcher sich stumpfwinklig an der vorderen Peripherie des Hamatum die Verbindungslinie mit dem Metacarpus V. abbiegt. Ebenso zeigen Dorsovolarschnitte geradlinige Begrenzungen der Metacarpi gegen die Carpalreihe.

Bis hieher verhalten sich die Theile ganz gleich, ob sie ungefärbt in Glycerin oder nach Färbung mit Hämatoxilin oder Picrocarmin untersucht werden. Die Skelettheile erscheinen lichter in Folge geringeren Zellen- und Kernreichthums und breiterer Intercellularsubstanz, alle übrigen Theile der Extremität in Folge grossen Zellen- und Kernreichthums dunkler, ebenso bei der Hämatoxilin-Färbung. Picrocarmin färbt die Skelettheile gelb, alles Uebrige roth. Vom Metacarpus an ändert sich das Verhalten der Theile. An nicht tingirten und mit Haematoxilin gefärbten läuft der Metacarpus als ungetrennte continuirliche schlanke Säule von der Form einer Rheinweinflasche in die vordere Peripherie der Hand aus (Fig. 1), von dem äussersten Rande derselben nur durch einen schmalen dunklen Saum getrennt. An der Basis ist sie etwas gebaucht. Gegen ihr vorderes Ende hin besitzt sie eine circuläre ebenso lichte Leiste. Das Ende selbst ist zugespitzt oder abgerundet. Auf Flächenschnitten erhält die Säule an diesem vorderen Ende das Bild

eines hutartigen Aufsatzes (Fig. 4. dig. III und IV). Die circuläre Leiste gibt die Krempe, das Säulenende den Kopf des Hutes. Solche Bilder erhält man ganz besonders leicht, wenn nicht das ganze Ende der Säule in den Schnitt gefallen ist, was um so eher geschieht, als die Säule, wie man sich auf Sagittalschnitten überzeugt, etwas zur Vola gekrümmt ist.

Anders wird das Bild unter der Picrocarmin-Behandlung. Unter ihrer Mithülfe erkennt man, dass in dieser Säule der Metacarpus und beide ersten Phalangen angelegt sind, von einander geschieden durch Scheiben, die über die Circumferenz der Säule hinausragen und sich an der I. Interphalangeal-Verbindung in dem nicht tingirten Schnitt als circuläre Leisten präsentiren. Während die Säule nur blassgelb gefärbt ist, erscheint diese Scheibe von intensiverer Gelbfärbung und hebt sich durch dieselbe mehr weniger scharf ab. An der Metacarpophalangeal-Verbindung (Fig. 4 und 5) springt die Scheibe nicht mehr so scharf über die Peripherie vor, ist jedoch in ihrer Gelbfärbung kenntlich. An den Metacarpophalangeal - Verbindungen des Daumens und Zeigefingers (Fig. 5) ist sie sogar ebenso gross und springt sie ebenso weit vor, wie an den Interphalangeal-Gelenken. Das Verhalten des Daumens weicht auch noch dahin ab, dass das vordere Ende seiner Skeletanlage von einer solchen Scheibe gebildet wird. Die zweite Phalanx fehlt noch, ebenso jede Andeutung derselben und doch sitzt dem äussersten Ende der ersten Phalanx schon die gelbe Scheibe auf. (Fig. 5.)

Von diesen gelben Scheiben findet sich nun an den übrigen höher oben gelegenen Verbindungen der Skelettheile nirgend eine Andeutung. Ueberall sind die einzelnen Gliedabschnitte durch rothgefärbte Linien von einander getrennt. Diese rothen Streifen, wie sie die Skelettheile gegen einander abgrenzen, bilden sie auch die Marke gegen die übrigen, den Weichtheilen der Extremität zur Entwicklung dienenden Gewebslagen, so dass sie der Ausdruck eines den ganzen Skelettheil sowohl gegen sein nächstes Skeletglied, wie gegen das übrige Gewebe abgrenzenden, sich unter Picrocarmin roth tingirenden continuirlichen Ueberzugs sind. Bei starker Vergrösserung erweisen sich diese rothen Säume als Reihen dicht gedrängter Zellen kleinster Bildung, ohne Intercellular-Substanz.

Diese scharfe Trennung der Skelettheile von einander durch die rothen Streifen fällt nun an den obbezeichneten Metacarpophalangeal- und Interphalangeal-Verbindungen weg. An ihrer Stelle finden sich die gelben Scheiben. Auch die Begrenzung der Metacarpi und noch mehr der Phalangen gegen ihre Umgebung verliert, je mehr zur Peripherie, um so mehr an Schärfe. Wie sie selbst weniger lichtgelb sind, zur Peripherie der Hand hin schrittweise mehr röthliche Farbenmischung annehmen, so wird auch die Abgrenzung eine unbestimmte, verwischtere und dieses ist von dem Grad der histologischen Sonderung, der Entwickelung von Knorpel und dem Auftreten von Intercellular-Substanz abhängig.

Die schönste Gelbtinction findet sich im Humerus und zwar in der Mitte seiner Länge, wo die grössten Knorpelzellen liegen, Zellen so gross, dass ihre Kerne allein aus 5 und 10 der kleinen Begrenzungszellen zusammengesetzt sein könnten. Zwischen sich haben dieselben verhältnissmässig breite Zonen hyaliner Intercellular-Substanz. Diese Knorpelzellen, hier ziemlich unregelmässig geordnet, gehen central, wie peripher in eine Schicht länglich gestreckter und sich mit ihrer Längsaxe quer zur Axe des Skelettheils stellenden Zellkörper über. Die hyaline Intercellular-Substanz nimmt ab, das Gelb wird blasser. Zu beiden Enden des Gliedes hin werden die Knorpelzellen allmälig kleiner, verlieren wieder die obenbezeichnete Anordnung und enden in steter Abnahme ihrer Dimensionen und weiterem Verlust ihrer Gelbfärbung endlich mit kleinsten Zellkörpern minimalsten Protoplasma-Gehalts und fast ohne Intercellular-Substanz an der Begrenzungsschicht in dem rothen, dieselben Elemente zeigenden Saum.

Es erweist also die Untersuchung mit stärkeren Vergrösserungen, dass die Knorpelzellen nicht scharf sich gegen die kleinen Rand- und Begrenzungszellen abheben, sondern zwischen ihnen ein Uebergang besteht.

Ebenso fehlt auch gegen das zukünftige Perichondrium oder Periost eine scharfe Abgrenzung. Der Uebergang zu den kleinen Zellen des rothen Saumes ist hier nicht so allmälig; aber die grossen Knorpelzellen und die breite Intercellularsubstanz erhalten sich nicht quer durch die ganze Dicke des

Gliedes. Ihr Entwickelungsheerd liegt im Centrum jeder Skeletanlage. Von diesem schreitet die Umwandlung allseitig vor, nur in der Längsaxe des Gliedes rascher als in der Queraxe. Im Centrum liegt der Ausgangspunkt wohl charakterisirten Knorpelgewebes in Gestalt eines Knorpelkerns. Bestätigt wird dieses noch später durch die Phalangen.

Diese selben Uebergänge wiederholen sich an jedem Skeletabschnitt, nur in der Entwicklungsstufe entsprechender Weise. Die in der Mitte der Ulna liegenden Knorpelzellen haben vielleicht noch die Grösse der des Humerus-Centrums, im Radius sind sie schon nicht mehr so gross, in den Carpalia und Metacarpi entsprechen die grössten solchen des Humerus, die in demselben nahe dem oberen oder unteren Ende liegen. Als Knorpelzellen charakterisirt sind sie nur durch die freilich sehr spärliche hyaline Grundsubstanz, welche an den Phalangen endlich nicht mehr nachweislich ist. Diese sind aus kleinen Zellkörpern fast ohne alle, jedenfalls nicht hyaline Intercellular-Substanz zusammengesetzt, Zellen, die in ihrer Form sich nicht von den übrigen die Hand bildenden Elementen unterscheiden. Sie sind eben rund, wie diese. Nur sind sie etwas grösser und ihr wesentlichstes Kennzeichen finden sie in der grösseren Lichtheit und Durchsichtigkeit ihrer Materie.

Die Zellkörper der Zwischenscheiben endlich unterscheiden sich von denen mehr central gelegener Verbindungen nur durch einen kleineren Durchmesser ihres Leibes und die intensive Gelbfärbung, welche sie unter Picrocarmin annehmen.

Was nun die übrigen, einer entwickelten Extremität zukommenden Organtheile anlangt, so kann über Gefässe und Nerven Nichts berichtet werden. Ihnen ist weder die nöthige Aufmerksamkeit zugewandt noch überhaupt mit den nothwendigen Präparations-Verfahren nachgegangen worden.

Die Muskulatur ist um den Humerus in voller Entwicklung, ebenso die Muskulatur des Vorderarmes, soweit sie von den Condylen als Flexoren- und Extensorenpacket ihren Ursprung nimmt. Zu einer Sonderung derselben jedoch zu einzelnen bestimmten Bäuchen oder etwaiger Einscheidung derselben ist es noch nirgend gekommen. Nur den Triceps sieht man mit einer Sehne sich an die Spitze des Olecranon inseriren (Fig. 3).

Die Vorderarmmuskeln verlieren sich jedoch schon im untern Dritttheile desselben in kleinzelliges Bildungsgewebe, welches von hier ab ohne andere histologische Sonderung als die oben erwähnte der Skelettheile das Material darstellt, aus dem die übrige Extremität aufgebaut ist. Nur ein Mal haben wir im Dorsovolarschnitte auf dem Rücken der Basis des dritten Metacarpus eine strangartige Bildung gesehen, bedingt durch dichtere Anordnung derselben überall rundlichen Zellkörper. Es mag die Anlage einer Sehne gewesen sein. Insertionen aber sind an der Hand noch nicht vorhanden und ebensowenig in Entwickelung begriffene Muskelfasern.

Dass die Muskulatur sich überall in den frühesten Stadien ihrer Entwickelung befindet, braucht nicht hinzugefügt zu werden. Vollständig ausgebildete Muskelfasern kommen nie vor. Immer sind es nur lange Spindeln, an denen zunächst der vorspringende Kern auffällt und an welchen erst bei genauerem Zusehen die beginnende Querstreifung wahrgenommen wird.

Von Fascien, Bändern, Kapseln ist somit noch Nichts zu sehen; Skeletanlage, am Vorder- und Oberarm in Entwickelung begriffenes Muskelgewebe und die Sehne des Triceps — das sind die einzigen Differenzirungen, die bis zu diesem Stadium sich vollzogen haben. Alles übrige, die Formen der Extremität füllende Material ist kleinzelliges, an Intercellar-Substanz sehr armes undifferenzirtes Bildungsgewebe.

Im Wesentlichen nicht anders verhält es sich mit der unteren Extremität am fünf- und sechswöchentlichen Foetus. Auch hier sind alle Skelettheile mit Ausschluss der Zehenphalangen gesondert.

In Bezug auf das Hüftbein konnte constatirt werden, dass dasselbe mit einer Concavität den kugelig runden Kopf des Femur umgreift. Die Zusammensetzung des Hüftbeins aus drei Theilen liess sich nicht feststellen. Schnitte, in die dem Darm- und Sitzbein entsprechende Theile fielen (Fig. 8), zeigten ein continuirliches Lager von gleichartig differenzirten Zellen, welche nur im Darmbein selbst schon zu wohl charakterisirten und grossen Knorpelzellen übergehen. Gegen den Schenkelkopf, der ebenso, nur aus verhältnissmässig grossen, aber noch nicht zu Knorpelzellen ausgebildeten Zellkörpern zusammengesetzt

ist, wird die Pfanne durch eine Zone kleinzelliger Bildungen, analog den im Picrocarmin sich roth färbenden Streifen der oberen Extremität abgegrenzt.

Schenkelhals und Trochanter sind in entsprechender Grösse vorhanden. Der Beweis hiefür liegt darin, dass man, von der Medianseite her Schnitte durch die Extremität legend, zuerst Bilder erhält, in denen nur Acetabulum, Kopf und vom Oberschenkel noch ein unteres Ende im Schrägschnitt vorliegt, bis allmälich erst unter fortschreitender Vergrösserung des Oberschenkelstückes und Schwinden des Hüftbeins, die Continuität des Oberschenkels mit dem abgerundeten Trochanter zu Tage tritt (Fig. 8 gibt einen mehr median gelegenen Schnitt).

An den vorliegenden Präparaten war der Oberschenkel nie gerade, stets in seinem mittleren Drittheil ein- oder mehrfach nach vorn oder nach hinten abgebogen, ohne dass sich in der Zellenanordnung oder sonst Momente für einen ihm bei präparativen Manipulationen zugefügten mechanischen Insult auffinden liessen. Das untere Ende ist aufgetrieben und besitzt in nicht unähnlicher Form und guter Rundung beide Condylenknäufe. (Fig. 8 und 2.) Zwischen ihnen die Incisura intercondyloidea. Nur in ihrer Lage, in ihrer Axenstellung weichen sie von ihrem späteren Verhalten beträchtlich ab. Denkt man sich durch die Condylen eine gemeinschaftliche Drehungsaxe gelegt, so würde dieselbe beim Erwachsenen in der Frontalebene liegen und die Längsaxe des Oberschenkels quer schneiden. Das thut sie hier nicht. Der Cond. externus ist so weit an der hinteren Fläche des Oberschenkels hinaufgerückt, dass die gemeinschaftliche Axe mit der Längsaxe des Oberschenkels nach oben und aussen convergirt, nach unten und innen divergirt. Daher kommt es, dass man in einen Schnitt (Fig. 6) die Condylen wie das Mittelstück des Femur mit einem beträchtlichen Stück seiner Länge bekommen kann. Dazu kommt noch eine zweite mehreren Thieren, z. B. Echidna und Didelphys gemeinsame Eigenthümlichkeit. Der Condylus lateralis wird nicht ganz durch den gleichnamigen der Tibia berührt, sondern an ihn schliesst sich die nach oben verhältnissmässig lange Fibula.

An der Tibia fällt die grosse Breite der Condylen auf. Sie sind breiter als massig. Ihre Breite hat fast dieselbe Dimension

wie ihre Länge (Fig. 6). Zwischen ihnen springt die Eminentia intercondyloidea hervor. Getrennt sind dieselben von den Femur-Condylen durch eine breite Zone dichtgedrängter kleiner Zellen, unter Picrocarmin roth. Die Meniscen sind noch nicht angelegt, die Patella wohl.

Dicht unter den Condylen wird die Tibia sehr plötzlich schlank, was um somehr auffällt, als sie bei ihrer geringen Länge sich bald wieder verdickt, um zum unteren Ende anzuschwellen (Fig. 2). Dieses findet auf Flächenschnitten seine Begrenzung in einer geraden Linie, nicht wie beim Erwachsenen in einer rechtwinklig geknickten entsprechend innerer und oberer Fläche des Talus Rolle. Dabei ist die untere Hälfte der Tibia so gebogen, dass diese untere Begrenzungslinie fast in die Längsaxe der Extremität zu liegen kommt, wenigstens ihr parallel ist. Mit dieser berührt die Tibia den inneren (in Analogie zur entsprechenden Seite beim Erwachsenen) Rand des Talus (Fig. 2). Dieser hat auf Flächenschnitten die Figur eines Dreiecks, dessen einer Winkel sehr spitzig ist und sich mit langen Schenkeln zwischen Fibula und Tibia hineinschiebt (Fig. 2 und 4). Der laterale Winkel ist grösser, abgestumpft und sieht mit seinen Schenkeln gegen Fibula und Calcaneus. Die vordere Ecke des Dreiecks ist am stärksten abgestumpft und repräsentirt den Kopf, in Berührung mit dem Naviculare. Am auffallendsten ist hier der lange sich zwischen die Unterschenkelknochen hinaufschiebende Fortsatz des Talus, welcher einige Aehnlichkeit mit dem bei *Phalangista ursina* in dieser Gegend vorkommenden Zwischenknorpel hat. Es lässt sich denken, dass der Haupttheil des bei beiden, Homo und Phalangista gleich angelegten Talus verknöchert, der zwischen Fibula und Tibia hineinragende Keil jedoch bei Phalangista knorpelig bleibt und dann als Zwischenknorpel die Rotationsbewegungen unterstützt, welche bei diesem Thier der Talus am Malleolus internus um eine senkrechte Axe beschreibt, während beim Menschen dieser Fortsatz verschwindet. (Vgl. u. S. 267.)

Der Calcaneus ist nicht so lang wie der Talus und ist zur Peripherie hin, wo er mit dem Cuboideum gleiche Breite hat, viel breiter als hinten. Mit seiner innern Seite sieht er gegen die äussere des Talus, ist aber von ihr, wie von der Fibula durch eine Zone kleinzelliger Bildungen geschieden, welche fast eben

so breit als er selbst ist. Der Calcaneus liegt somit nicht unter dem Talus, sondern beide liegen, wie überhaupt alle Skelettheile der unteren Extremität neben einander, der Talus nach innen, der Calcaneus nach aussen, beide um eine Schnittebene mehr nach hinten, als der Unterschenkel. Dieses gilt besonders vom Calcaneus. Das Lageverhältniss ist jedoch nur von kurzer Dauer, denn bei nur wenig älteren Embryonen findet man die Skelettheile des Fusses schon in einer der späteren Wölbung des Fusses, wenn auch nicht gleichkommenden, so doch auf sie hinzielenden Stellung und Anordnung.

Weiterhin macht sich wieder die vorgeschrittene Entwickelung der äusseren Seite des Fusses, wie an der Hand geltend. Die bedeutende Grössenentwicklung der fibular gelegenen Skelettheile ist aus den Abbildungen (Fig. 2) ersichtlich. An die in Lage und Zahl stimmenden Fusswurzelglieder schliessen sich die Metarsi und diese laufen nun wieder, wie an der Hand in schlanke Säulen aus, welche in bestimmtem Abstande von der Peripherie die circuläre Leiste besitzen. Jede Säule hat aber nur eine solche circuläre Auftreibung und darin unterscheiden sie sich von denen der oberen Extremität. Es sind hier nur der Metatarsus und die erste Phalanx angelegt. Nur in einigen Schnitten lässt sich an den drei äusseren Zehen noch in schwacher und undeutlicher Zeichnung die Anlage der zweiten Phalanx errathen. Ganz besonders fällt endlich der Metatarsus I. durch seine Kürze und bedeutende Dicke auf. Er gleicht mehr einem cubischen als prismatisch säulenartigen Körper. An ihn schliesst sich auch ohne weitere Fortsetzung nur die erste Phalanx (Fig. 2). Wie an der oberen Extremität sind auch hier die Skelettheile alle durch jene oben beschriebenen Reihen dichtgedrängter kleiner Zellen von einander getrennt. Sie färben sich in Picrocarmin roth. Nur an den Metatarsophalangeal-Verbindungen färben sie sich nicht, sondern bewahren ihren Charakter als Zwischenscheiben (Fig. 6) zusammengesetzt aus kleinsten cellulären Elementen, welche ohne Tinction oder unter Hämatoxilin-Färbung ganz licht und blass bleiben und Metatarsus und Phalanx als ein continuirliches Glied erscheinen lassen. In Fig. 6 erscheint das vordere Ende des Metatarsus IV. knopfförmig. Die erste Phalanx ist aber nach der Planta hin

gekrümmt und erhält man desshalb nicht immer das ganze Glied in einen Schnitt. Dass sie hier an der vierten Zehe auch schon angelegt ist und die Kopfform des Metatarsenendes nur durch die im Schrägschnitt getroffene Scheibe vorgetäuscht wird, wird unter Berücksichtigung des ergänzenden zunächst plantarwärts folgenden Schnittes, aus dem die Figur 7 entnommen ist, klar.

Im Bezug auf die Differenzirung zu Knorpelgewebe gilt das von der oberen Extremität berichtete.

Muskelgewebe sieht man nur in der Umgebung von Ober- und Unterschenkel in Entwicklung, nirgend jedoch Einscheidungen, Ligamente, Gelenkkapseln oder Sehnen. Nur das Lig. patellare inf. ist durch Anwesenheit langgestreckter und längsgerichteter Zellen gekennzeichnet.

Weitere Gestaltung der Gelenke der Finger.

Die nächsten untersuchten Stadien gehörten dem Ende des zweiten Monats an, Embryonen von $3^3/_4$ bis $4^1/_4$ Ctm. Kopf-Rumpflänge, Oberarm 6 Mm., Vorderarm und Hand zusammen 8 Mm. lang. Der Vorderarm ist schon länger als die Hand und hat somit diese im Wachsthum eingeholt. Der Radius besitzt eine Länge von $4^1/_2$, die Hand eine Länge von $3^1/_2$ Mm. Der Vorderarm ist in der Mitte durchtrennt worden und das abgelöste Stück in Dorsovolarschnitten, wobei der Mittelfinger zur Einstellung diente, zerlegt worden. An anderen Präparaten ist dann auch für jeden Finger mehr weniger speciell die Einstellung geändert worden, um für jeden Finger Dorsovolarschnitte zu erhalten.

In verhältnissmässig kurzer Zeit, denn man kann diese Embryonen auf die siebente und achte Woche schätzen, ist die Entwickelung bedeutend vorgeschritten.

1. Sind alle Skelettheile angelegt. Alle Phalangen sind vorhanden und mehr weniger ihrer späteren Form ähnlich. Nur sind die Finger stark nach der Volarseite gekrümmt und zwar nicht allein in Folge von Flexionsstellung oder, wie später gezeigt werden wird, auch nicht allein in Folge eigenartiger Form der Verbindungen, sondern auch in Folge von entsprechenden Krümmungen der Skelettheile selbst. Am auffallendsten ist dieses an allen Metacarpen und ersten Phalangen,

insbesondere denen des vierten und fünften Fingers. Sie sind krumm und zwar convex zur Dorsalseite. (Fig. 9, 10 und 11.)

In ihren Längen- und Formverhältnissen variiren auch die Endphalangen. Sie sind immer länger oder mindestens ebenso lang als die zweite Phalange und haben die verschiedensten Formen. Am gleichartigsten noch an den drei mittleren Fingern. Hier stellen sie immer cylindrische Körper vor, deren peripheres Ende kugelig ist (Fig. 11). Am Daumen jedoch sind sie zur Peripherie meist kolbig (Fig. 12), an dem fünften Finger gewöhnlich zur Peripherie kegelförmig zugespitzt (Fig. 10a). Die Schafttheile der übrigen Phalangen entsprechen bis auf die beregte Krümmung ihrer späteren Form. Man beobachtet wohl auch hie und da ungewöhnliche Linien, so namentlich an der zweiten Phalanx und auch an der ersten Einbiegungen, Einkerbungen, namentlich auf der Dorsalseite, dicht vor der letzten Interphalangealverbindung, so dass man sie schon zu den formbildenden Vorgängen an den Gelenkkörpern rechnen könnte (Fig. 10a und 11). Man sieht solche sogar circulär werden, so dass man an eine Umschnürung denken möchte, durch welche die Phalange einem umgestülpten Rheinweinglas mit breitem und zur Peripherie sehenden Fuss ähnlich geworden ist (Fig. 13). Immerhin gehören aber solche Formen zu den Seltenheiten, nicht zur Regel.

2. Die histologische Differenzirung zu Knorpelgewebe ist überall vollzogen, ja Verkalkungen, als Vorläufer der Verknöcherung, haben schon begonnen. Jedes Glied, mit Einschluss der Endphalangen, besteht aus Knorpelgewebe, in jedem findet sich ebenso, wie oben für Humerus, Radius und Ulna beschrieben, central der grosszelligste und an Intercellularsubstanz reichste Knorpel. Nur die Glieder der Handwurzel sind darin noch zurückgeblieben. Sie besitzen zwar central ihren Kern mit grossen Knorpelzellen und breiter Intercellularsubstanz, nach beiden Richtungen hin sind aber die Metacarpen und Phalangen weiter vorgeschritten. Diese besitzen im Centrum grosszellige Knorpel, wie es im früheren Stadium nur in den Anlagen der grossen Röhrenknochen zu sehen war. Graduelle Unterschiede bestehen übrigens auch jetzt noch. In Metacarpus und erster Phalanx — das Bild des Radius aus den früheren Stadien. In der zweiten Phalanx auch Zunehmen der Intercel-

noch von dem anderen Skeletende in toto abheben lässt. Je zwei Glieder sind durch eine solche Zwischenzone geweblich mit einander verbunden; löst man auch alle die Verbindung umgebenden Weichtheile, die Glieder fallen nicht auseinander.

Diese Zwischenzone entspricht in ihrer Lage der gelben Scheibe des früheren Stadiums. Sie zeigt sich ihr auch noch verwandt durch die Kleinheit ihrer Zellen, durch den Mangel an Intercellularsubstanz; aber auch nur hiedurch. In ihrer chemischen Reaction und ihrer Form weicht sie von dem Verhalten der beregten Scheibe ab.

Die Scheibe blieb unter Hämatoxilin-Tinction ungefärbt; die Zellen unserer Zwischenzone färben sich tief blau. Die Scheibe nahm zwischen den Skeletenden einen nicht unbedeutenden Raum ein (Fig. 4). Die Zone (Fig. 9) occupirt nur einen ganz geringen Abschnitt. Die Scheibe ist also dick und die Zwischenzone dünn. Die Scheibe sprang über die Peripherie der Phalanx vor; die Zone findet in ihr ihre Grenze. Sie reicht soweit, als die einander zugewandten idealen Flächen der Skeletverbindung. Zeigen diese auf dem Durchschnitt winklige Begrenzung gegen die Langseite des Gliedes, so endet die Zone auch in dem Scheitel des Winkels. Sie setzt sich wohl in die kleinzellige Umhüllung des Skelettheils fort, gerade ebenso, wie im früheren Stadium die rothen Streifen zwischen den Metacarpocarpal- und den höher oben gelegenen Verbindungen in die Umrandungen der die zukünftigen Gelenkkörper tragenden Skeletstücke, nie jedoch überragt sie als selbstständiges Organ die Peripherie.

Von Zellenanordnungen, welche auf die Entwicklung einer Gelenkkapsel hinweisen könnten, keine Spur.

Also weder getrennt glatte Knorpelkörper, noch eine sie umschliessende Kapsel. Von Gelenken in anatomischem Sinne noch keine Rede — und doch finden sich schon Andeutungen von Kopf und Pfanne.

Wir sagten: die Formen lassen sich schon bis zu einem gewissen Grade bestimmen. Desshalb waltet in ihnen jedoch noch keine Regelmässigkeit vor. Die grösste Unregelmässigkeit in der Form der Oberflächen, auf Durchschnitten im Verlauf ihrer Begrenzungslinien ist das charakteristische dieses Stadiums. Waren

in früheren Stadien die Differenzirungslinien so wenig scharf, dass nur von Unbestimmtheit der Formen gesprochen werden durfte, so sind die Formen hier schon bestimmbar, jedoch nicht für jedes Glied, für jede Verbindung dieselben. Es herrscht darin die grösste Unregelmässigkeit. Es gibt nicht zwei Finger, an denen entsprechende Verbindungen gleiche Formen der zusammentreffenden Phalangenenden bieten (Fig. 11, I. Interphalangealverbindung). Hier ist die Gelenklinie eine gerade, dort eine nach vorn convexe (Fig. 9), entsprechend der späteren Krümmung, dann aber an der gleichnamigen Verbindung eines Fingers derselben Hand gerade umgekehrt zur Peripherie concav, ja an dem einen Skeletende convex zur Peripherie, an der anderen zur selben Verbindung gehörenden Verbindung convex zum Rumpf, so dass sich Convexitäten entgegensehen (Fig. 9, Metacarpophalangealgelenk), an einem fünften endlich verläuft die Gelenklinie in doppelter Krümmung, in einer Schlangenlinie (Fig. 11, II. Interphalangealgelenk, oder Fig. 9, Metacarpocarpalgelenk). Kurz, die grösste Mannigfaltigkeit der Form sich berührender Skeletenden charakterisirt dieses Stadium. Nur nach wenigen Seiten ist ihnen allen etwas gemein, zeigen sie alle eine gewisse Gleichartigkeit, sofern in dem Einhalten bestimmter auch noch so weit gezogener Grenzen, über die ihre Mannigfaltigkeit nicht herausschreitet, von einer solchen gesprochen werden darf. Wir können sie in folgende Punkte zusammenfassen:

a) Es finden sich nie Krümmungen, welche auch nur annähernd gleichen Radius mit den Krümmungen der ausgewachsenen Glieder haben. Die Krümmung ist immer noch schwächer, ihr Radius grösser als beim Erwachsenen, natürlich verhältnissmässig zur ganzen bereits erreichten Grösse der Glieder. Auch die stärkste Krümmung hat noch einen Radius von so bedeutender Länge, wie er beim Erwachsenen nie angetroffen wird. Und dazu

b) die Bogenspannung. Sie verhält sich umgekehrt zur Radiuslänge. Beim Erwachsenen ist der Radius kurz, die Bogenspannung gross, hier der Radius lang, die Bogenspannung klein. Und diese Verhältnisse an den einander zugekehrten Skeletenden die gleichen; denn das ist

c) auch allen Skeletverbindungen dieses Stadiums gemein: die Krümmung der basalen Endfläche hat mit der Krümmung der mit ihr die Verbindung eingehenden Kopffläche der Phalange die gleiche Bogenspannung. Wir haben also nicht das Bild des Gelenkkopfs mit grosser Bogenspannung, der Gelenkpfanne mit kleiner Bogenspannung, woraus beim fertigen Gelenk der Spielraum der Bewegung resultirt, — es sind eben Verbindungen, die mit denen am Erwachsenen verglichen, nur als reine Amphiarthrosen bezeichnet werden können. Was späterhin Kopf und Pfanne wird, hat, wo Krümmungen vorhanden sind, gleichgrosse Krümmungs-Radien und -Bögen.

So die Construction, zu der man durch Dorsovolarschnitte geführt wird. Für die Flächenschnitte gilt nach allen Seiten hin dasselbe, nur nicht mit derselben Ausnahmslosigkeit für die basalen Theile der Endphalangen. Hier erhält man hie und da Bilder, in denen der basale Theil den Kopftheil der zweiten Phalange überragte.

Eine gewisse, durch dieses Stadium ziehende Uebereinstimmung lässt sich endlich noch

d) in Folgendem finden:

einander zugekehrte Convexitäten der basalen und Kopftheile finden wir am häufigsten in den Metacarpophalangeal-Verbindungen,

ebene Begrenzungsflächen am häufigsten in der ersten Interphalangealverbindung,

sich deckende Concavitäten und Convexitäten am häufigsten im letzten Interphalangealgelenk.

Wir schliessen daraus: am vorgeschrittensten ist die Entwickelung in der letzten Interphalangealverbindung, es folgt die Metacarpophalangealverbindung und endlich als unentwickeltste die erste Interphalangealverbindung.

Sollen wir der einzigen, in unseren Untersuchungen von der Hand noch genau verfolgten Skeletverbindung hier gedenken, so müssen wir über die Regelmässigkeit in der Form der Carpalverbindung des Metacarpus III. berichten. Diese Verbindung des wohlcharakterisirten Capitatum und Metacarpus III. zeigte in den früheren Stadien auf Dorsovolarschnitten eine gerade Begrenzungslinie. Bei Foeten des jetzt untersuchten Stadiums

ist die Linie constant gekrümmt und zwar doppeltgekrümmt. Die dorsale Hälfte der Begrenzungslinie ist convex zur Peripherie, die volare Hälfte convex zum Rumpf. Beide Krümmungen geben vereinigt die Linie des lateinischen S (Fig. 9). In dieser Verbindung finden sich übrigens auch schon Zellenstrata, welche aus ihrer Anordnung die in Entwicklung begriffenen Kapsel erscheinen lassen. Bis hieher hielten sich Breiten- und Dicken-Durchmesser der Metacarpen und Phalangen so ziemlich die Wage. Von der Dorsal- zur Volarseite und von der Ulnar- zur Radialseite halten sie gleiche Masse. Mit den nächsten Stadien bei nur wenige Wochen älteren Foeten aus dem Anfang des dritten Monats wird dieses anders.

Der Breitendurchmesser nimmt zu (radio-ulnar). In Fig. 15 ist der Flächenschnitt eines solchen Stadiums gegeben. Auffallender Weise sind hier noch gar keine Verkalkungen eingetreten, weder in den Phalangen, noch in den Metacarpen. Es ist das einzige Präparat, in welchem wir sie bei im Uebrigen so vorgeschrittener Entwickelung vermissen mussten. In Bezug auf die Endphalangen muss hinzugefügt werden, dass sie nicht in ihrer ganzen Länge vorliegen. Da die Finger gekrümmt waren, konnten immer nur Theilstücke derselben in den Schnitt fallen. In Schnitten der Vola zunächst hatte man schliesslich nur die Spitzen der Endphalangen, von dem übrigen Theil der Vorderhand Nichts.

Die Phalangen werden also zunächst am Anfang des dritten Monats breiter.

Es treten Andeutungen der Kapsel auf (Fig. 12). Fehlen auch noch faserige Elemente, so gehen doch vom basalen der einen, zum Kopftheil der anderen Phalange bestimmt geordnete Zellenreihen, die der zukünftigen Kapsel entsprechen.

Die Form der Skeletenden betritt eine Stufe, welche an die Entwickelung von regelmässig gebildeten Gelenkkörpern denken lässt. Stehen am Daumen auch noch gekrümmte Linien mit ihren Convexitäten einander gegenüber, so zeigen doch die Interphalangealverbindungen der vierten und fünften Finger schon die geringe radio-ulnare, zum Rumpf convexe Krümmung.

Doch der wesentlichste Fortschritt liegt in dem veränderten Verhalten der Zwischenzone. Diese war bisher immer gleich dick in ihrer ganzen Ausdehnung, von der radialen zur ulnaren und von der volaren zur dorsalen Seite. Hier sehen wir sie aber in der Axe des Fingers dünner, zur Circumferenz desselben dicker werden und ein Continuum bilden mit dem, von den längsgerichteten Zellkörpern der Kapselanlage umschlossenen kleinzelligen Gewebe (Fig. 15). Sie steht auch nicht mehr in so allmäligem Uebergange der Gewebsformen, wie früher mit dem Knorpelgewebe der nächstliegenden Skeletenden in geweblicher Continuität, sondern ist durch rothtingirte Zellensäume, welche den Skeletenden angehören und sich in's Perichondrium fortsetzen, gegen diese abgegrenzt. Ihr eigenes kleinzelliges Gewebe färbt sich nur wenig. Von dieser Zone, welche wir uns also gewissermassen biconcav denken können, finden wir an späteren Stadien nur noch einen Theil vor, nemlich den ihrer äusseren Peripherie, speziell den dorsalen und volaren Theil. Der in der Fingeraxe liegende Theil ist nicht mehr vorhanden und auf Dorsovolarschnitten, welche durch die Fingeraxe gehen, ragt daher vom Dorsum, wie von der Vola ein dreieckiges Stück weichen Zellgewebes in die Verbindung hinein, welche von hier ab nun auch wirklich Gelenk genannt werden kann. In Folge des Auseinanderweichens der Zone, gewissermassen durch das centrale Fenster derselben, berühren sich nun Knorpel und Knorpel, und ist derselbe auch embryonaler Natur, sind die dichtgedrängten vielgestaltigen Zellen in nur spärliche hyaline Intercellularsubstanz eingebettet — wo sie an die Oberfläche von Basis oder Kopf gelangen, haben sie sich abgeplattet und erscheinen auf dem Schnitt als quergestellte Streifen, zwischen welchen sich von der Dorsal- und Volarseite her die Residuen der früheren Zwischenzone hineinschieben und als Synovialfalten durchs weitere Leben persistiren. In Fig. 16 ist ein solcher Dorsovolarschnitt abgebildet. Es ist der vierte Finger eines Embryo aus dem Ende des III. Monats. Die Genese der Synovialfalten aus der Zwischenzone und die innige gewebliche Beziehung, die dieselbe in früheren Entwicklungsphasen zu den zugehörigen Knorpeln haben, ist auch im vierten und fünften Monate noch angedeutet. In dieser Periode findet man nämlich gewöhnlich nur die auf dem Kopf

der Phalangen anliegende Oberfläche der sogenannten Synovialfalte von dem Knorpel des Gelenkkopfs in scharfen Linien geschieden. Gewebliche Continuität besteht nach dieser Seite nicht. Mit der Circumferenz der Basis, mit peripheren Theilen ihrer Pfanne ist die Synovialfalte continuirlich; so weit sie ins Gelenk vorspringt, so weit ist sie mit den Pfannen geweblich eins. Eine Lostrennung von denselben hat noch nicht stattgefunden. Sie diente gewissermassen zur Vergrösserung der Pfanne sowohl, wie zur Verstärkung ihrer Krümmung. Indem sie den Rand der Pfanne bildet, vergrössert sie die Flächenausdehnung derselben; indem sie den Radius der Krümmung kleiner werden lässt, macht sie die Pfanne dem Kopf congruent.

Erst mit dem sechsten Monat hat sich dieser Rest der Zwischenzone auch von der Phalangenbasis gelöst und ragt auf Durchschnitten, dorsovolaren wie Flächenschnitten, von beiden Seiten her als scharfgezeichnetes und zu den Gelenkknorpeln discontinuirliches Dreieck, mit der Grundfläche der Gelenkkapsel aufsitzend in den Gelenkraum.

Man kann auch bei sechsmonatlichen Embryonen noch Bilder erhalten, in denen ein weiches Synovialgewebe zwischen den Gelenkflächen durchgeht. Dieses hat dann aber nie gewebliche Continuität mit den Gelenkknorpeln, denen es aufliegt, und zweitens verliert es sich stets zur Axe des Fingers. Nur an Randschnitten erhält man solche Bilder. Fig. 23, 24 und 25 sind aufeinanderfolgende Glieder einer Schnittreihe, in welche das Metacarpophalangealgelenk des vierten Fingers von einem sechsmonatlichen Foetus in Flächenschnitten zerlegt worden ist. Fig. 23 der am meisten dorsal, Fig. 25 der am meisten axial gelegene Schnitt unter den dreien.

In Fig. 23 geht das Synovialgewebe als breites Band (*a*) durch das ganze Gelenk. In dem folgenden Schnitt, Fig. 24, ist es in der Mitte der Gelenkkörper nur noch ein Faden, der zu beiden Seiten in die dreieckigen Körper, die in der Kapsel wurzelnden Zacken ausfliesst, und endlich in Fig. 25, dem der Längsaxe des Fingers noch näheren Schnitt, finden sich nur die beiden kleinen von der Kapsel ins Gelenk hineinragenden Zacken — der Ausdruck der Synovialfalte, die, wenn in weniger axial gelegenen Schnitten getroffen, continuirlich (vgl. Fig. 23 und 24)

erscheinen muss. Der Oberfläche des Gelenkknorpels geht Ende des dritten Monates freilich noch die volle Glätte ab, aber an den Fingern von Foeten aus dem vierten Monat hat auch diese schon einen Grad erreicht, welcher der späteren Vollkommenheit nur wenig nachsteht und im sechsten Monate den Vergleich mit jedem Gelenkknorpel eines Erwachsenen aushält. In diesem letzteren Stadium weichen auch sich berührende Gelenkknorpel im Schnitt schon auf leichtesten Druck auseinander. An Schnitten aus dem dritten Monat aber muss noch kräftig auf das Deckgläschen zugedrückt werden, und erst, nachdem die periarticulären Weichtheile zerdrückt sind, gehen die Gelenkknorpel auseinander und lassen bei stärkerer Vergrösserung immer abgetrennte und in's Gelenkcavum hineinragende Zellkörper sehen. In späteren Stadien geschieht dieses nie. So sehr man auch andrücken mag, die Zellen der Knorpeloberfläche sind so fix zu einander gestellt, dass auch bei Vergrösserung von System VII, Ocular III Hartnack ihre Krümmungslinie ohne Unebenheiten verläuft.

Um das Ende des dritten Monats ist also erst das Finger-Gelenk in seinen roh anatomischen Charakteren nachweislich. Die Vollkommenheit der Construction, die wir beim Erwachsenen kennen, ist jedoch noch lange nicht erreicht, seine Leistungsfähigkeit eine noch sehr geringe. Das Verhältniss von Kopf und Pfanne, wenn dasselbe jetzt auch an jedem Gelenk deutlich ausgesprochen ist, bedarf immerhin noch grosser Wandlungen, um den Formen nahe zu kommen, welche für Neugeborene und Erwachsene typisch sind.

An den Phalangenenden aus dem Ende des dritten Monats (Fig. 15) fiel schon die Krümmung von rechts nach links auf. Vergleicht man dieselbe mit den dorsovolaren Krümmungen, welche die Phalangen aus dem Ende des zweiten Monats (Fig. 9 und 11) zeigen, so ist der Unterschied in dem Grade ihrer Entwicklung eclatant. Die Ausbildung dieser beiden Krümmungen, der dorsovolaren und der von rechts nach links, hält nun auch weiterhin nicht gleichen Schritt. Mit dem Ende des dritten Monates hat die letztere an beiden Interphalangealgelenken schon die Form erreicht, welche durch das ganze weitere Leben typisch bleibt. Sie dehnt sich wol nach dem Dorsum und der Vola, radial und ulnarwärts noch bedeutend aus, der sie bezeichnende Bogen

wird mit jedem Monat grösser, bewahrt aber immer zu dem aus dem dritten Monat geometrische Aehnlichkeit. Fig. 17 gibt den Flächenschnitt eines dritten Fingers aus dem Ende des dritten Monats. Vergleicht man dessen Gelenklinie mit denen auf Fig. 21, dem Flächenschnitt eines dritten Fingers aus dem vierten Monat und mit eben solchen Schnitten von Neugeborenen und Erwachsenen, so ist der Parallelismus, die geometrische Aehnlichkeit derselben leicht festzustellen. (In Fig. 21 hat der Schnitt nur das zweite Interphalangealgelenk axial getroffen; für das erste Interphalangealgelenk ist er etwas dorsalwärts abgewichen und erklärt sich daraus die stärkere Krümmungslinie, ihr doppelt geschwungener Verlauf.)

Die Krümmung von rechts nach links auf den Gelenkkörpern der Phalangen, hat also mit Ende des dritten Monats ihre typische Form erreicht.

Viel langsamer gewinnt die dorsovolare Krümmung die Ausbildung, welche die Gelenke zu den von ihnen geforderten Leistungen geschickt macht.

Sehen wir uns zunächst die basalen Gelenkflächen und zwar der zweiten Phalanx an, weil, wie aus Fig. 9 und 11 erhellt, das Gelenk, dem dieser Körper angehört, am spätesten seine Formentwicklung eingeht.

Am Ende des II. Monats (Fig. 10, 10a und 11) ist von einer Krümmung noch keine Spur. Die Basis hat mit dem anschliessenden Kopf der ersten Phalanx gleiche Dicke. Ende des dritten Monats (Fig. 16) übertrifft sie im Dickendurchmesser den Kopf und ist mit grossem Radius gekrümmt, im vierten Monat (Fig. 19) wird die Krümmung schon stärker. Dieselbe nimmt auch im fünften Monate (Fig. 20) zu, aber in so kleinen Werthen, dass noch im sechsten Monat (Fig. 22) die Krümmung noch lange nicht der des Erwachsenen (Fig. 27) ähnlich ist.

Diese Krümmungen an den Basen sind nun durchweg reine Kreisabschnitte. Jede Krümmung ist der Bogen eines bestimmten, für ihre ganze Ausdehnung sich gleichbleibenden Radius.

Regelmässige Krümmungen, wie die eben beschriebenen, scheinen die Köpfe dieses Gelenks nur sehr vorübergehend zu besitzen. Convexitäten, welche genau einer Bogenkrümmung angehören, haben wir nur an den Köpfen der ersten Phalanx

vom fünften Finger (Fig. 18) aus dem Ende des dritten und Anfang des vierten Monats beobachtet. Concavität der Basis und Convexität des Kopfes sind beide Theile von Kreisen verschiedener Durchmesser; jede hält aber genau die Bahnlinie des Kreises, der sie bestimmt, ein. Dazu bewahrt der Kopf diese Krümmung durch seine ganze Breite. Er wird also durch den Theil eines Cylindermantels beschrieben, dessen Axe genau quer zur Längsaxe des Fingers steht. Diese Form des Gelenkkopfs haben wir aber nur an den fünften Fingern aus den bezeichneten frühen Stadien constatiren können. Schon an den gleichnamigen Gelenken derselben Hand, nur der grösseren, in der Entwicklung weiter vorgeschrittenen Finger, nehmen die Köpfe andere Formen an, zeigen auf Dorsovolarschnitten andersartige Krümmungslinien, und zwar verschiedene, je nachdem die Schnitte in die Axe des Fingers oder lateral, ulnar oder radial gefallen sind.

Auf axialen Schnitten erhält man Krümmungslinien, welche sich aus drei Bogen zusammensetzen. Der mittlere ist der grösste und besitzt den grössten Radius. Er entspricht der einfachen Krümmung des Phalangenkopfes des fünften Fingers, wie der ebenso einfachen Krümmung der contingirenden Pfanne. Dorsal und volar schliessen sich in allmälichem Uebergang die beiden anderen Bogen an, beide von fast gleichen Radien und gleicher Spannung. Ihr Radius ist kürzer als der des mittleren Krümmungsabschnittes. Die einzelnen Bogenwerthe zusammenaddirt, würden eine Gradzahl von 180 geben. Da nun die Radien in ihrer Grösse auch nicht in grossen Zahlen differiren, kann man die Krümmung als eine ungefähr halbkreisförmige bezeichnen und mit Rücksicht auf ihre Lage zur Axe der Phalanx sagen, dass sie dorsal und volar mit gleich grossen Abschnitten übergreift. Ähnlich verhält es sich auch noch im sechsten Monat, nur dass die drei Krümmungsabschnitte sich weniger unterscheiden, weil die dorsalen und volaren grössere Radien angenommen haben, welche aber immerhin noch kleiner sind, als der Radius des mittleren Abschnittes.

Nach dieser Seite hin findet nun die eine sehr wesentliche Umwandlung bis zur Geburt statt. Die drei Krümmungsabschnitte nähern sich nämlich in ihrer Radiengrösse immer mehr, bis sie beim Neugeborenen (Fig. 26) alle drei zusammen dem Bogen

eines Kreises entsprechen und in dieser Form sich durchs ganze Leben erhalten.

Die andere wichtige Wandlung zieht sich durch das ganze Leben und hängt für die nachgeburtlichen Perioden von der Richtung und Weite der Excursionen, welchen das Gelenk unterworfen wird, ab. Wir meinen das Lageverhältniss der Krümmung zum Phalangenschaft.

Im sechsten Monat umgreift die Krümmung die dorsale und volare Seite mit gleichen Antheilen. Beim Neugeborenen (Fig. 26) jedoch ist sie soweit auf die volare Seite gerückt, dass nur ein ganz kleiner Antheil auf die dorsalen und gleich grosse Theile, fast die Hälften der ganzen Krümmung auf die vordere und volare Fläche der Phalanx kommen.

Nach der Geburt, mit den häufigeren Streckbewegungen, welche, wie die Kürze der Flexoren-Muskeln beweist, wohl wenig geübt sein möchten, nimmt der Spielraum des Gelenks (Fig. 27) nach der Dorsalseite zu und zwar in dem Masse, als Streckbewegungen geübt werden. An Daumengliedern, welche dorsal, wie volar gleich weit flectirt werden können, ist die Krümmung dann auch auf beide Seiten gleich weit ausgedehnt. Zur Norm gehört aber ein stärkeres Überwiegen nach der volaren Seite (Fig, 27).

Die Schnitte, in denen diese Verhältnisse illustrirt sind, gehören der Mittelaxe des Fingers an, also Theilen des Gelenks, denen dorsal wie volar die Streck- und Beugesehnen aufliegen.

Auf lateralen Schnitten, wo die Sehnen in allmälicher Auflösung in fasciäres Bindegewebe verschwinden, nimmt der dorsale Krümmungstheil stärkere Convexität an und fliesst der volare unter Vergrösserung seines Radius mit dem mittleren Krümmungsabschnitte in einen Bogen zusammen. Fig. 19 gibt einen solchen Lateralschnitt vom vierten Finger derselben Hand, Fig. 22 einen vom dritten Finger aus dem sechsten Monat.

An lateralen Schnitten setzt sich somit die Krümmung aus einem grösseren mehr volaren Bogen, welchem die Pfanne besonders häufig aufliegt, und einem kleinen mehr dorsalen Bogen zusammen. Dieser letztere hat einen kürzeren Radius und wird von dem Extensor digg. comm., als festem Strang, jedenfalls nicht berührt. Die Zweitheiligkeit erhält sich durchs ganze weitere

Leben und nimmt die Krümmung als Ganzes bis zum Abschluss des Wachsthums und parallel zu der Weite der geübten Bewegungen, wie die axiale zu. Mit dieser geht sie auch dieselben Lageveränderungen zum Schaft durch.

Nachdem wir die Entwickelung dieses Gelenks von Stufe zu Stufe verfolgt haben, bedarf es nicht auf die Details der Genese der anderen Fingergelenke einzugehen. Es wiederholt sich eben an dem zweiten Interphalangealgelenk und dem Metacarpophalangealgelenk im Wesentlichen dasselbe hier abgerollte Bild. Ueberall thun sich die Differenzen axialer und lateraler Schnitte kund und überall treten die aus drei Theilen zusammengesetzten Krümmungen der Phalangenköpfe auf. Sie verhalten sich nicht immer genau so zu einander, wie für das erste Interphalangealgelenk eruirt worden, es kann der mittlere Krümmungstheil wie in Fig. 16 am Kopf der zweiten Phalange, und das geschieht nicht selten, sehr klein und der dorsale, wie volare Theil umgekehrt sehr gross sein (Fig. 16 und 20. Kopf 3. II. Phalanx), ja es kann sogar an dem ersten Interphalangealgelenk selbst, im axialen Schnitt (Fig. 20) der dorsale Theil der grössere, der volare die kleineren Krümmungsradien haben, immer aber sieht man an allen Fingergelenken diese Krümmungsdifferenzen im Laufe der Entwicklung schwinden und bis zur Geburt in eine Convexität zusammenfliessen, welche auf axialen Schnitten wenigstens stets Bogen eines Radius angehören.

Weitere Gestaltung des Ellbogengelenkes.

Die frühesten Stadien, in denen wir dieses Gelenk untersucht haben, sind schon oben mit beschrieben. Wir haben zu jener Zeit schon eine Verbindung, welche nach histologischer Seite den Fingergelenken aus dem Ende des zweiten Monats, nach morphologischer Seite schon den Fingergelenken aus dem Ende des dritten Monats entspricht. Von Analogien zu den Scheiben der Fingergelenke (cf. Fig. 4 und 5) ist nichts vorhanden, wohl aber sind die beiden Skeletenden, wie an den Fingern aus dem zweiten Monat in Figur 9 noch in geweblicher Continuität (Fig. 3) durch eine Zone kleinzelligen Gewebes. Diese verschwindet im zweiten Monat vom Centrum der Articulation her (Fig. 28) gerade wie bei den Fingergelenken und

wird Ende des dritten Monats zugleich mit der vollständigen Ablösung der Gelenkkörper von einander und dem Auftreten glatter Gelenkflächen zur circulären Synovialfalte, welche dann eben dieselben Wandlungen, wie an den Fingern (Fig. 23, 24, 25) durchmacht, bis sie sich von den Knorpelflächen vollständig sondert und als ein Theil der Kapsel zwischen den Randtheilen der Gelenkknorpel in das Gelenkcavum hineinragt (Fig. 34). Eine Gelenkkapsel ist ebenso erst mit dem Ende des dritten Monats nachweislich.

Weit mehr, um zwei Monate, ist dieses Gelenk den Fingergelenken in der Entwicklung seiner Formen voraus.

Lässt der zum Radius gehörende Theil des humeralen Gelenkkörpers auch noch viel zu wünschen übrig, so ist doch der ulnare Theil schon Ende des zweiten Monats von vorzüglicher Krümmung (Fig. fl. 33), während wir an den Fingergelenken zu dieser Zeit noch gar keine typischen Formen fanden (Fig. 9 und 11).

Bleiben wir bei dem ulnaren Theil des humeralen Gelenkkörpers und verfolgen wir die Wandlungen desselben an Schnitten, welche die Drehungsaxe der Trochlea unter rechten Winkeln kreuzen und zwar an den Stellen, wo die Krümmungen den kleinsten Durchmesser haben.

Die Krümmung greift in dieser Periode ebenso wie an dem ersten Interphalangeal-Gelenk (Fig. 16) auf die Flexions- und Extensionsseite der Trochlea mit gleichen Antheilen über, entspricht noch lange nicht einem Halbkreise und wird in ihrer ganzen Ausdehnung von der ebenso grossen und mit ihr congruenten Concavität der Ulna umfasst.

Ende des dritten Monats (es berühren sich schon glatte Gelenkknorpel) hat die Spannung der Krümmung zugenommen und zwar mehr nach der Flexionsseite. Sie misst jetzt fast zwei Rechte. Ebensoviel die Concavität der Ulna, welche mit ihrem Proc. coronoideus jedoch noch über die Grenze des glatten Knorpels hinausgeht und an der Flexionsseite des Humerus anstösst (Fig. 35). Auf der Extensionsseite kann daher in dem bis zur Abgangsstelle der Kapsel freiliegenden glatten Gelenkknorpel die Spielweite des Gelenks bestimmt werden. Sie misst nicht mehr als 30° und würden somit Bewegungen vorwiegend nach der Seite der Flexion stattgefunden haben.

Beim sechsmonatlichen Embryo hat die Trochlea schon die Krümmung von $^5/_6$ eines Kreises. Dass aber auch hier noch die Bewegungen vorwiegend nach der Seite der Flexion stattgefunden haben, geht aus der Glätte hervor, welche der Gelenkknorpel auf der Flexionsseite bis zum Abknickungspunkt vom Humerus besitzt, während diese dem Knorpel auf der Extensionsseite fehlt.

Beim Neugebornen hat die Trochlea endlich die schon von Hueter und Römer beschriebene Form. Fovea humeri antica und postica sind wohl schon vorhanden, aber das zwischen ihnen liegende Stück Humerus misst immer noch mindestens $^1/_7$ des Kreisumfanges, dem die Krümmung der Trochlea angehört, bis dann endlich am Erwachsenen bekanntlich auch dieser Abschnitt soweit in die Articulation hineingezogen werden kann, dass die beiden Gruben nur durch eine Membran von einander geschieden werden. Ob das nun von der einen Seite mehr als von der andern geschieht, ist schwer zu entscheiden, wahrscheinlich mehr von der Extensionsseite her.

In den letzten Phasen vor der Geburt scheinen aber, soweit man sich auf das Verhalten der Knorpelglätte stützen darf, beide Seiten der Trochlea in gleichem Grade benutzt worden zu sein.

Es erübrigt, den radialen Theil des humeralen Gelenkkörpers zu besprechen. Wir sahen ihn beim ca. vier Wochen alten Foetus in stärkerer Ausbauchung der Walze gegeben (Fig. 1), so dass auf dem ihre Axe senkrecht kreuzenden Durchschnitt im hinteren Abschnitt das Olecranon, im vorderen der Radius anlagen. Ist hier auch die Krümmung eine regelmässige, so zeigen doch Schnitte von anderen Embryonen, dass im Laufe des zweiten Monats noch allerlei Formen in diesem Theil des Gelenks vorkommen können.

Diese lassen sich wohl dahin zusammenfassen, dass man drei Flächen, drei Krümmungsabschnitte unterscheiden kann. In Figur 29 liegt ein Schnitt von einem Embryo aus dem zweiten Monat vor, demselben Gelenk, dem die Figur 28 entnommen ist. Wir sehen hier den im Winkel zu einander gestellten Krümmungen des Olecranon und Proc. coronoideus entsprechend, dasselbe auf dem humeralen Gelenkkörper und auf diesem für den Radiuskopf eine gerade Begrenzungslinie — also im Ganzen drei Begrenzungs-, drei Gelenklinien.

An einem Embryo aus dem Ende des zweiten Monats sehen wir (Fig. 30) den Humerus mit 2 unter 120° zu einander winklig gestellten mehr weniger geraden Linien die Verbindung mit dem Olecranon und Proc. coronoideus aufnehmen, während für die schwache Concavität des Radiusköpfchens eine congruente Convexität vorhanden ist; endlich an dem rechten Arm desselben Foetus (Fig. 32) ist die Begrenzungslinie zwischen Ulna und Humerus eine continuirlich gekrümmte, setzt sich nur gegen die für den Radius bestimmte Krümmung im Winkel ab.

Ausgiebige Verschiebungen der Gelenkkörper aneinander mögen also hier nicht stattgefunden haben. Denn dieses vorausgesetzt, hätten unter denselben die winkligen Vorsprünge schwinden müssen — das lehrt die Beobachtung jeder Nearthrosenbildung von Erwachsenen. Wie viel eher müssten daher solche Unebenheiten bei der Weichheit embryonalen Zellenknorpels abgeschliffen werden!

Wie bei den Fingergelenken sind auch hier die radio-ulnaren Krümmungen schon weiter vorgeschritten in ihrer Ausbildung. Auf Schnitten, welche parallel zur Ulna, von der Extensionsseite her durch das Gelenk gelegt wurden, ist die Zweitheilung der Walze in für Radius und Ulna gesonderte Köpfe schon vollzogen. In Figur 31 ist dieselbe sichtbar, unterscheidet sich aber von der beim Erwachsenen dadurch, dass je mehr der Schnitt nach der Flexionsseite rückt, um so breiter der mit dem Radius articulirende Theil, um so schmäler der für die Ulna bestimmte Theil wird. Hieraus folgt, dass der Radius auch in diesem Stadium mehr vor der Ulna, als neben derselben liegt, die Incisura sigmodea major mit ihrer Concavität weniger zur Seite, als vielmehr nach vorn sieht.

Controllirt wird diese Deutung noch durch Schnitte, welche die Axe der Trochlea genau im rechten Winkel kreuzen. In die Enden der Queraxe fallen dann nebst den Condylen nur ein oder zwei Schnitte, in denen jederseits der Oberarm mit Ulna oder mit Radius allein vorhanden ist, während die grosse Mehrzahl, ca. 8, der in gleicher Dicke mit den ersteren gefertigten Schnitte beide Vorderarmknochen zugleich zeigt, die Ulna im hinteren, den Radius im vorderen Abschnitte den humeralen Gelenkkörper berührend.

Hierin liegt nun eine weitere Aehnlichkeit mit den Ellbogengelenken vieler ausgewachsener Thiere. Wir machen nur auf das Ellbogengelenk des Hundes aufmerksam, mit dessen Construction genau die unseres Gelenks aus dem Schluss des zweiten Monats übereinstimmt. Bei einigen Affen verhält es sich ebenso. Und diese Aehnlichkeit dehnt sich auch noch auf die Stellung des Ellbogengelenks zum Schultergelenk aus. In demselben Schnitt Figur 32 sieht man, dass der Humeruskopf ebenso wie beim Hunde, seine volle Convexität nach hinten richtet, derselbe also mit einem Schnitt, welcher ihn vom Tuberculum majus her in zwei gleiche Hälften theilt, die Drehungsaxe der Trochlea im rechten Winkel schneidet. Am Erwachsenen aber würde ein so durch den Humeruskopf gelegter Schnitt parallel zur Drehungsaxe des Humerus sein oder sie nur in sehr kleinem Winkel schneiden. Die Orientirung hierin wird auch noch weiter durch die Berücksichtigung des Sulcus intertubercularis und der Bicepssehne erleichtert.

Dass diese Aenderung in der Stellung der beiden Gelenkflächen zu einander von einer Drehung des Humerus in sich selbst und um seine Längsaxe abhängig sein könnte, wird durch den spiraligen Verlauf seiner Kanten beim ausgetragenen Kinde und später wahrscheinlich gemacht. Diese Umformung muss sich aber schon in der ersten Hälfte des intrauterinen Lebens vollziehen.

Das nächste Stadium betrifft Foeten aus dem Ende des dritten Monats und hier ist (Fig. 34) die Eminentia capitata mit dem Radiuskopf schon an die äussere Seite der Trochlea gerückt. Die Knorpel sind glatt, aus der Zwischenzone ist die freie Synovialfalte geworden, und die Unebenheiten der Knorpelflächen sind wenigstens so weit geschwunden, dass sich Winkel, wie in Figur 29 und 30 nicht mehr finden.

Die volle, fast mathematisch kreisförmige Krümmung des Erwachsenen geht dem Durchschnitt der Eminentia capitata noch ab und ebenso die Lage, wie Weite des Spielraums. Die Krümmungslinie kann mit den Schenkeln eines rechten Winkels verglichen werden, dessen Scheitel stark abgestumpft ist und auf dessen in der Flexionsseite liegendem Schenkel der Radius ruht.

Die Spielweite ist auch nicht so gross, wie beim Erwachsenen, noch lange keine 180° und liegt ganz auf der Flexionsseite. Nicht nur, dass der Radius an die vordere Fläche des Humerus anstösst, die Glätte des Gelenkknorpels selbst erstreckt sich bis an die Flexionsseite des Humerus.

Im dritten Monat besitzt die Eminentia capitata schon vollkommene Krümmung; nur an Bogenspannung geht ihr noch einiges ab.

Darüber, nach welcher Seite sich der Spielraum des Gelenks bis zu seiner vollkommenen Weite beim Erwachsenen ausdehnt, ob nach der Flexions- oder Extensionsseite, ist es schwer sich zu entscheiden. Beim Neugebornen misst die Krümmung noch nicht 180°, während sie beim Erwachsenen einige 10° mehr als 180° zählt. Da die Gelenke jedoch während der Mitte des intrauterinen Lebens schon bis an die Flexionsseite des Humerus geht, so würde nach dieser Seite dieselbe durch Auskehlung der Fovea humeri antica gewiss noch nicht genug an Ausdehnung gewinnen. Desshalb mag ebenso wie an der Ulnarseite die Vergrösserung der Gelenkfläche auch hier zum Theil durch Verrücken nach der Extensionsseite des Humerus bedingt sein. Das sogar während des extrauterinen Lebens sich vollziehende Verrücken der ganzen Trochlea mit der Eminentia capitata vor die Längsaxe des Humerus macht eben die Deutung dieser Verhältnisse schwer und gestattet nicht, über dieselben abschliessend zu urtheilen.

Ergebnisse in Bezug auf Entwickelung der Gelenke.

Versuchen wir nun aus diesen Beobachtungen ein zusammenhängendes Bild von dem ganzen Verlaufe der Entstehung eines Gelenkes, wie wir sie ja an den Fingern in allen Stadien vor uns gehabt haben, abzuleiten, so wiederholt sich zuerst die Frage nach der ersten Gliederung. Wir sind nicht in der Lage, von den zwei Vorstellungen, die man bisher darüber gehabt hat: Theilung einer erst einheitlich angelegten Säule in Abschnitte, oder Zusammenkommen von getrennt angelegten Abschnitten als Glieder einer Reihe, eine bestimmte Entscheidung zu geben, die eine auszuschliessen, die andere zur Regel zu erheben. Wir können nur sagen, dass wir nichts gesehen haben, was geeignet

wäre, die erste Annahme zu stützen, dass aber manche unserer Bilder für die zweite zu sprechen scheinen, z. B. die der noch unfertigen Handwurzelelemente, welche als deutlich getrennte Kerne erst anfangen einander allmälig enger zusammenzulegen.

Dagegen können wir einen dritten Modus der Entstehung einer gegliederten Reihe von Skeletabschnitten constatiren, der bisher, so viel uns bekannt, weder vorausgesetzt, noch beobachtet worden ist. Er besteht in dem successiven Aufbau je eines neuen Gliedes hart an dem Ende des vorher fertigen, wie wir ihn an den wachsenden Fingern und Zehen (Tafel I) gefunden haben. Die Phalangen sind der einzige Theil des Skelets, den wir noch so im Werden beobachtet haben. Die Mittelhand- und Mittelfussknorpel sind anfangs allein die langen, einheitlichen, festeren Streifen, welche schon öfter als zuerst in den Anlagen der Hand und des Fusses unterscheidbar beschrieben sind; die Phalangen kommen dann eine nach der anderen dazu. Wenn eines dieser Glieder eine gewisse Länge erreicht hat, wird es durch eine quer daraufgelegte Platte von etwas anders verdichtetem Gewebe abgeschlossen, gleichsam wie mit einer Lage Mörtel überzogen, ehe das folgende Stück darauf gelegt wird. Dieses wächst nun sofort im Anschlusse an die zwischengelegte Scheibe und ist also von vornherein in einer Verbindung mit dem vorhergehenden, die man als eine Syndesmose bezeichnen, oder mit einer solchen jedenfalls sehr wohl vergleichen kann.

Hieraus kann nun unmittelbar ein Gelenk, eine Diarthrose werden, wenn die Zwischenscheibe sich verdünnt und schwindet und so die beiden Skeletabschnitte in unmittelbare Verbindung treten, die dann mit der Zeit zu einer abgeglätteten Berührung bleibend knorpeliger Oberflächen sich gestaltet. Eine solche erste directe Verbindung zweier Glieder bleibt aber vorläufig einer Syndesmose noch sehr ähnlich, insofern ihr das fehlt, was die eigentliche Bedeutung und Function eines Gelenkes ausmacht, indem es die Möglichkeit einer ausgiebigen gleitenden Verschiebung der Contactflächen übereinander und damit der regulären Bewegung bedingt. Es fehlt ihr nämlich nicht nur, was den Modus der Bewegung bestimmt, die ausgesprochene Krümmung der Contactflächen, sondern auch, was den Spielraum der Bewegung ergibt, die Differenz der Grösse der Contactflächen

an beiden in dem Gelenk verbundenen Stücken, also die Gestalt sowohl wie ungleiche Ausdehnung von Kopf und Pfanne. Die sich bildende Diarthrose kann mit einem Worte als eine „Amphiarthrose", als die niedrigste Form von Ausbildung eines Gelenks bezeichnet werden, von welcher Henle sagt, dass das Charakteristische derselben nicht in der Gestalt der Flächen liegt, die sehr variabel ist, sondern in der geringen Verschiedenheit der Dimensionen, die zwischen beiden Articulationsflächen besteht.

Wir können natürlich nicht behaupten, dass dieser Gang der Entwicklung von der primären Syndesmose zur Amphiarthrose ein allgemein giltiger ist, da wir ihn nur an einer Reihe von einander sehr analogen Gelenken beobachtet haben. Aber das Ergebniss desselben, einen directen Contact von benachbarten Skeletabschnitten mit nicht charakteristisch gebogenen und ziemlich genau gleich grossen Endflächen finden wir öfter und er könnte ja auch ebensogut das Resultat einer jener beiden anderen als möglich angenommenen Entstehungsarten der ersten Gliederung sein, indem die Trennung einer vorher einheitlichen Säule in Glieder wie ein hindurch geführter Schnitt unmittelbar einen solchen Contact der neuen Trennungsflächen ergeben würde, das Entgegenwachsen getrennter Kerne aber, wenn sie sich einander erreichen und aneinander drücken, ebenfalls in einer gegenseitigen Abplattung und Deckung nach der ganzen Breite der Enden ihren vorläufigen Abschluss fände. In jedem Falle können wir also jenes oben definirte Stadium der Amphiarthrose, wie wir es nun kurz nennen wollen, als eine Form ansehen, welche wohl bei jedem Gelenke in den Anfängen seiner Bildung vorkommt, und zum Ausgangspunkte für die weitere Entwicklung nehmen, durch welche nun die eigenthümlichere Gestalt der Gelenke mit deutlich gebogenen und verschieden grossen Articulationsflächen, Köpfen und Pfannen mit dem dadurch bedingten, oder auch sie in der Entstehung bedingenden Mechanismus, hergestellt wird. Wir werden hier zugleich die Grenze statuiren dürfen, bis zu welcher noch kein Einfluss von activen Organen der nachmaligen typischen Bewegungen auf die Mechanik des sich entwickelnden Skeletes zu erkennen ist, während dann, sobald seine Gliederung auch

physiologisch den Charakter der Articulation annimmt, die Wirkung der Muskeln sogleich bestimmend eingreifen wird.

Wenn auch das Gelenk als solches im Stadium der Amphiarthrose, ebenso wie eine Amphiarthrose, so gut wie keine Beweglichkeit hat, noch weniger als eine Syndesmose, an welcher die weiche Schichte zwischen festen Stücken sich comprimiren, dehnen oder torquiren lässt, um so weniger, da auch die gewebliche Trennung beider Glieder des werdenden Gelenkes noch nicht fertig ist, so wird es doch im Gebiete eines sich bildenden Gelenkes, sobald bewegende Kräfte auf dasselbe einwirken, keineswegs an der nöthigen Biegsamkeit der Skeletanlage fehlen, um in mässigem Grade etwas ähnliches wie die spätere typische Bewegung des Gelenks zu Stande kommen zu lassen, weil ja das Material, aus welchem die Skeletanlage selbst zu dieser Zeit besteht, hinreichend weich ist, um abwechselnde Dehnungen und Conpressionen nach der einen oder andern Seite zuzulassen. Dies wird, wenn es sich steigert, die Folge haben, dass namentlich die Ränder der Endflächen, womit zwei Stücke sich berühren, an der Seite, nach welcher eine Biegung derselben gegen einander hin erfolgt, sich stärker eindrücken. Bleibt, wenn der Druck nachlässt, von dieser Eindrückung eine dauernde Impression des Gewebes zurück, so würde sich dieselbe in der Gestalt der Theile bei Ruhelage als ein Klaffen des Contactes an seinem einen oder andern Ende, oder als eine kleine Convexität des einen wie des andern der in dem Gelenk verbundenen Stücke in der Nähe des Randes darstellen. Sollte eine Entstehung der ersten Gliederung durch Entgegenwachsen früher getrennter Kerne vorkommen, so könnten solche convexe Ränder auch in Folge einer nicht durch die ganze Breite zu Stande gekommenen Abplattung des Contactes von vornherein gegeben sein. Das Entscheidende, um auf diesem Wege zu einem Anfange von Bildung der typischen Form des fertigen Gelenks zu gelangen, besteht dann aber darin, dass die Eindrückung gegen den Rand hin an dem einen der beiden Stücke vorwiegend und in der Richtung der typischen Bewegung durch den ganzen Contact hin gleichmässig vertheilt und dadurch die ganze Endfläche des Stückes convex wird, wogegen das andere Stück

vielmehr mit einer Vertiefung seiner Endfläche den Abdruck dieser Convexität ebenfalls bleibend darstellt, und so zunächst das eine Stück des Gegensatzes von Gelenkkopf und Pfanne, ihre einander entsprechende Rundung und Aushöhlung gegeben wird.

Hier wirft sich nun die Frage auf, wodurch es sich entscheidet, dass nicht nur Bewegungen beider Stücke gegen einander in der einen und anderen Richtung und damit Eindrückungen ihrer Contacträuder durcheinander einteten, sondern dass hiervon das eine Stück mehr oder anders getroffen wird als das andere und dadurch das eine zum Kopf, das andere zur Pfanne wird. L. Fick hat sich diese Frage auch bereits vorgelegt. Aber während er für die Herstellung einer gerundeten Form überhaupt den beginnenden Eintritt typischer Bewegungen durch die Muskeln von vornherein als Ursache ansah, glaubte er das differente Verhalten beider Skeletabschnitte gegenüber dieser Einwirkung in ihnen selbst suchen zu sollen und nahm als wahrscheinlich an, dass zu der Zeit, wo die Krümmung der Contactfläche sich bildet, der eine der beiden nachmaligen Knochen, welche den Contact bilden, in stärkerem Wachsen begriffen sei und sich in Folge dessen mit seinem Ende als Gelenkkopf gleichsam in den andern hineintreibe. Wir werden dagegen auch hier an ein differentes Verhalten der das Gelenk überspringenden, die Bewegung desselben einleitenden Muskeln zu beiden Stücken denken. Ein solches ist in der fertigen Form und der Hauptsache nach wohl auch in den ersten Anlagen dadurch gegeben, dass die Muskeln mit dem grössten Theile ihrer Länge und mit ihrem ganzen eigentlich functionirenden, das heisst contractilen Theile an dem einen der Skeletabschnitte, welche sie verbinden, anliegen, sich dagegen mit dem anderen gar nicht weit von dem zwischenliegenden Gelenke inseriren. Man kann sich nun leicht vorstellen, wie sie in Folge dessen den Theil, an welchem sie eine Stelle seiner Oberfläche direct in der Nähe des Gelenkes anziehend angreifen, auch directer mit seinem Rande in den anderen hineindrücken, und wie wenn dies abwechselnd nach der einen und andern Seite geschieht, gewissermassen der Skeletabschnitt, welcher die dem Gelenke zunächst liegenden Muskelinsertionen trägt und also von ihnen am unmittelbarsten angefasst wird, über dem anderen, dessen angrenzender Theil

mehr nur zwischen ihnen eingepackt liegt, herum arbeitet und seine Ränder durch Drücken bald auf die eine, bald auf die andere Seite wegarbeitet.

Dies wird um so plausibler, wenn wir nun weiter bedenken, dass es jetzt wohl gleichzeitig oder sehr bald auch mit einer vollen geweblichen Lösung der Contactflächen zu einem Beginn ihrer Verschiebung über einander hin also dem Eintritte der nachherigen eigentlichen Gelenkbewegung kommen muss. Da fragt es sich dann ebenfalls gleich, wenn eine Biegung in der Verbindungsstelle zwischen den zwei Skeletgliedern nach der einen Seite hin erfolgt, welches von ihnen nach dieser Seite hin mit dem Rande seiner Endfläche den des andern überschreitet. Damit wird von selbst der Drehpunkt der Biegung aus der Articulationsfläche, wo er vor dem Eintritte der Flächenverschiebung wie bei einer Syndesmose noch lag, in das eine oder andere der verbundenen Stücke verlegt. Dieses wird damit zum Gelenkkopfe, das andere zur Pfanne, welches, wie dies ja nachher immer geschieht, nach der Seite, wohin das Glied sich biegt, mit dem Rande seiner Endfläche über der des anderen vorrückt. Nun ist es wohl von selbst einleuchtend, dass die Wirkung der Muskeln das Ende des Stückes, an welchem ihre Enden sich zunächst dem Gelenke inseriren, wenn die blosse Niederdrückung desselben gegen das des anderen Stückes nicht mehr weiter geht, eher über den Rand des letzteren nach ihrer Seite hin herüberziehen, als umgekehrt gegen die Mitte des Contactes hineinschieben werden, wie dies geschehen müsste, wenn jenes Stück der Gelenkkopf, das andere die Pfanne werden sollte.

Wir können also aus dieser Betrachtung das hypothetische Gesetz ableiten, dass bei der Bildung eines Gelenkes mit deutlicher Krümmung der Contactflächen aus dem vorhergegangenen Stadium der Syndesmose oder Amphiarthrose die Pfanne auf der Seite gebildet wird, auf welcher die Insertionen der überspringenden Muskeln weniger weit vom Gelenke entfernt sind. Für die Gelenke, welche wir näher untersucht haben, an den Fingern und am Ellbogen ist die Uebereinstimmung mit diesem Gesetze ohne Weiteres einleuchtend. Auch an den meisten anderen scheint es im Ganzen zutreffend.

Am Knie und an der Hüfte finden wir die Insertionen der überspringenden Muskeln überwiegend näher dem Gelenke an dem Knochen, der die Pfanne trägt. Wo es nicht gleich ganz zutrifft, kann dies möglicherweise seinen Grund in einer anfänglich noch anderen Anlage der Muskeln haben. Man könnte sich auch denken, dass bei einem Gelenke auf Grund dieses Gesetzes zuerst nach der einen Seite das eine, nach der andern das andere Stück an seinem Ende convex oder concav werden müsste. Bei fortschreitender Ausbildung würde dann wohl das eine oder das andere allein bestimmend übergreifen. Ein Beispiel davon, wie in Folge geringer Weiterbildung eine solche Form bleibend werden kann, haben wir in der S-förmigen Krümmung des Sagittalschnittes der Verbindung des III. Metacarpus der Hand mit dem Capitatum, wo jenes vorn, dieses hinten convex ist.

Haben wir nun so das eine Stück fertig, welches zur Herausbildung des Gegensatzes von Kopf und Pfanne und damit des bleibenden typischen Mechanismus der Bewegung gehört, die Krümmung der Contactfläche als convexe an dem einen, als concave an dem anderen der Stücke, welche in dem werdenden Gelenke zusammentreten, so gibt sich, wenn wir bereits auch den Eintritt gleitender Verschiebungen der einen von beiden Contactflächen über die andere hin in Rechnung gezogen haben, sogleich auch die Nothwendigkeit, dass das Zweite hinzutritt, was Kopf und Pfanne im fertigen Zustande unterscheidet und was dem Gelenke die Fähigkeit zur ausgiebigen Excursion ohne Aufhebung des festen Schlusses gibt, nämlich die Vergrösserung des Kopfes gegenüber der Pfanne. Denn ohne dieselbe würde die Pfanne, sobald ihre Ränder die des Kopfes überschreiten, in's Bodenlose fallen, wogegen sie auf dem fertigen Kopf, wie bekannt, Raum für den Spielraum der Bewegung findet ohne den Rand zu überschreiten.

Die Ausbreitung des Kopfes, die dazu nöthig ist, können wir uns in erster Linie und in geringem Grade einfach dadurch entstehen denken, dass der Knorpel, welcher seinen Rand trägt, wenn er durch die Pfanne niedergedrückt und die Form des ganzen Kopfes damit convex wird, sich gleichzeitig in die Breite einigermassen ausdehnt und damit die ganze Endfläche selbst an Ausdehnung gewinnen muss. In zweiter Linie kann man sich

aber auch vorstellen, dass diese Hervordrängung seines Randes durch die gleichzeitig über ihn hinweg vorschreitende Pfanne einen Reiz auf die nutritiven Vorgänge in ihm ausübt, der ihn gleichzeitig mit der Abrundung der Ecken, wo die freie Aussenseite mit der Contactfläche am Ende des ganzen knorpeligen Skeletstückes zusammenstossen, zu einem verstärkten Dickenwachsthum anregt und so eine Ausbreitung der Endfläche über die freien Seiten hin zur Folge hat. Dies wäre nicht ohne Analogie mit Vorgängen, die sich unter pathologischen Verhältnissen später im Leben noch an fertigen Gelenken wiederholen, z. B. wenn bei Arthritis deformans die Ränder der Gelenkköpfe ein pilzförmiges Auswachsen zeigen. So können wir uns denken, dass der ursprünglich aus der Gestaltveränderung im Contact einer Art von Amphiarthrose hervorgegangene Gelenkkopf sich allmälig um so viel vergrössert, wie gleichzeitig die mit ihm zugleich und anfänglich gleich gross gebildete Pfanne bei zunehmender gleitender Verschiebung über seine früheren Grenzen hinaus geht. Das wäre, wenn wir es uns weit genug fortgesetzt dächten, etwa das, was wir uns schon früher, wie oben angeführt, aus Analogie der im Leben nachweisbaren Vergrösserungen von Gelenken abstrahirt hatten, eine Vor- oder auch Zurückrückung der Grenzen des Gelenkkopfes, Schritt haltend mit denen des Spielraumes der Bewegung der Pfanne über ihn hin.

Unsere Beobachtungen lehren uns aber, dass ein Zweites hinzu kommt, wodurch in viel ausgiebigerer, und wir können zugleich sagen, etwas gewaltsamerer Weise die bedeutende Vergrösserung des Gelenkkopfes gegenüber der Pfanne, die auf ihn passen und sich auf ihm hin und her bewegen soll, angebahnt wird. Wenn nämlich auf der einen Seite die Contraction der Muskeln die Pfanne über den Rand des Kopfes hinauszieht und zugleich gegen denselben andrückt, so werden gleichzeitig auf der anderen Seite die passiv ausgedehnten bedeckenden Theile des Contactes, also in erster Linie die Sehnen der ihn überspringenden Muskeln, ebenso aber auch die sich bildende Kapsel etc., die sich an der Pfanne inseriren, von ihr nachgezogen, angespannt und gegen den Rand des Gelenkkopfes, den sie jetzt frei lässt, gegen die Kante, welche eben dieser

Rand mit der angrenzenden freien Oberfläche des Skeletabschnittes, der den Gelenkkopf trägt, bildet, angedrückt und bei fortschreitender wie zurückkehrender Bewegung über ihn hin- und hergezogen. Dabei werden sie sich einestheils von der Verbindung mit dem kopftragenden Theile, an dem sie ohnehin in der Nähe nicht gleich fest inserirt sind, noch mehr ablösen, anderntheils wird durch ihr Andrängen und Überhingleiten die Ecke zwischen freier Seite und Contact-Endfläche abgerundet und eine gewölbte Uebergangsfläche an ihre Stelle gesetzt werden, auf Kosten theils der alten aus der Umgestaltung der ersten Amphiarthrose hervorgegangenen convexen Gelenkfläche, des primären Gelenkkopfes wollen wir sagen, theils aber und noch weit mehr wohl auf Kosten der freien Fläche, die mit dem Contacte des Gelenkes vorläufig noch nichts zu thun hat. Sie wird gleichwohl damit nun in den Bereich der Bildung des Gelenkes mit einbezogen, indem sie theils durch Ablösung der deckenden Weichtheile von ihr anatomisch in die Wandung der nachmaligen Synovialhöhle einbezogen, theils durch ihre Abrundung dem primären Gelenkkopfe ähnlich wird und sich unmittelbar anschliesst.

Derselbe erhält dadurch, wenn wir nun diese neuen Accessionen einfach mit zu ihm rechnen, jene oben (S. 246) beschriebene Gestalt, die sich aus drei verschiedenen, noch eckig zusammenstossenden Stücken zusammensetzt (vgl. z. B. Fig. 18, wo die zwei peripherischen Gelenke noch den reinen, kaum über die Pfanne hinaus gewachsenen primären Gelenkkopf zeigen, das zwischen erster Phalanx und Metacarpus aber die deutlichen Accessionen), von denen vorläufig immer noch nur das mittlere, der alte primäre Gelenkkopf, den Contact mit der genau auf ihn passenden Pfanne vermittelt. Wenn dasselbe nun aber allmälig durch Ausdehnung der Accessionen statt grösser kleiner wird, während der Spielraum der factisch erfolgenden Bewegungen der Pfanne doch voraussichtlich mit der Zeit und mit der Ausbildung der angreifenden Muskeln immer zunimmt, und wenn zugleich die Ecken, welche den primären Gelenkkopf noch gegen die neuen Accessionen abgrenzen, allmälig immer stumpfer werden, so muss einmal der Moment eintreten, wo die Pfanne die Grenzen des alten primären Gelenkkopfes vollends

überschreitet, sich gewissermassen durch Abwickelung von ihm luxirt und auf die bisher als Accessionen des Gelenkkopfs bezeichneten Abrundungen, also auf Theile der Oberfläche des mit ihr articulirenden Skeletabschnittes zu stehen kommt, mit denen sie in der ersten Anlage gar nichts zu thun hat, auf die sie demnach auch zunächst nicht genau passt, in denen sie aber doch eine wohl vorbereitete Unterlage für ihre überhin gleitenden Bewegungen findet, wie an dem primären Gelenkkopfe, und die sich dann mit der Zeit auch noch vollständiger congruent mit ihr abschleifen und dadurch allmälig ganz in die Continuität eines ihr annähernd mathematisch congruenten Kopfes übergehen, der nur nun viel grösser ist. Anfangs aber bleibt der Uebergang vom primären Gelenkkopfe auf sie immer noch ein plötzlicher (vgl. Fig. 16, 18 und 20, oder 39 und 34.).

Wenn dem nun so ist, wenn also die alte, wesentlich unveränderte Pfanne von dem primären Kopfe, auf und mit welchem sie sich von Hause aus gebildet hat, sozusagen plötzlich auf die zugewachsenen Fortsetzungen desselben herein fällt, so würde es freilich ein sonderbarer Zufall sein, wenn diese Accessionen nun auch gleich ganz zu ihr passen sollten, sowohl was die Stärke der Krümmung betrifft, als auch die Ausdehnung, wie sie der Excursion, in welcher die Pfanne bald nun factisch über sie hin und her geht, schliesslich entspricht. Denn im fertigen Zustande ist die Regel, dass die Pfanne immer gerade bis zur Berührung ihrer Ränder mit denen des Gelenkkopfes, nicht mehr und nicht weniger gelangen soll, und dies hätten wir auch hier voraussetzen müssen, wenn die Vergrösserung des Kopfes nur, wie oben angedeutet, Schritt haltend mit der Ausdehnung des Spielraumes der Bewegung der Pfanne über ihn hätte erfolgen sollen. In der That ist dies aber auch durchaus nicht der Fall. Es können sehr wohl, teleologisch zu reden, auf der einen Seite grössere, auf der anderen kleinere Zuwächse des Gelenkkopfes, als nöthig sind, durch die Accessionen vorbereitet sein. Wenn in einem Gelenke, wie die der Finger mit schliesslich ganz überwiegend einseitiger Beugung die Pfanne von ihrem primären Gelenkkopfe ausrückt, um ihren definitiven Spielraum zu durchlaufen, so wäre auf der Streckseite fast keine Ausdehnung des Gelenkkopfes dazu nöthig, desto mehr aber auf der Beuge-

seite. Statt dessen sind die Accessionen auf beiden Seiten ziemlich gleich, oder wenn wir genauer zusehen, finden wir sie sogar häufig auf der Streckseite ursprünglich grösser. Wir werden dies auch ganz natürlich finden, wenn wir uns erinnern, dass wir bei ihrer Entstehung schon die Mitwirkung beginnender Bewegung der Pfanne über die Ränder des Gelenkkopfes hinaus in Rechnung gezogen haben und zwar in der Art, dass die bedeckenden Theile nicht durch Angreifen an der Seite, nach welcher sie Bewegung bewirken, sondern durch Anpressung gegen diejenige, wo sich die Ränder der Pfanne von denen des Kopfes entfernen, die erste Bildung der Accession vermitteln sollten. Denn dann muss sie auf der Seite des Contactes stärker ausfallen, welche dem vorwiegenden Ausschlage der Bewegung entgegengesetzt ist, da auf ihr die passiv gespannten Theile stärker um die Ecke des Randes vom primären Gelenkkopf herum gezogen werden. Und so sehen wir denn an den Fingergelenken vielfach auf der Dorsalseite von vornherein so grosse Fortsetzungen der convexen Krümmung des Gelenkkopfes angelegt, dass bei den meisten Menschen der Spielraum der Bewegung der Pfanne wohl nie so weit gelangt, dass er ihre Grenzen erreichen würde, andererseits aber auf die Beugeseite noch so kurze, dass der Rand der Pfanne bei eintretender voller Beugung weit überzustehen kommt (vgl. Fig. 18, 20, 22). Später aber, wenn die drei Theile des Kopfes durch gleichmässige Abrundung in eine zusammenhängende Krümmung übergehen und die Pfanne über diesem fertigen, nun wieder einfachen Gelenkkopfe hin- und hergeht, dann erfolgt auch wieder unter dem Einflusse ihres Druckes und Gleitens die allmälige, mit der Bewegung Schritt haltende Ausdehnung oder Verödung des Gelenkkopfes bis zu den Grenzen, welche die Ränder der Pfanne am Ende der Bewegung nach der einen oder der anderen Seite erreichen, und so wird der definitive Zustand hergestellt, in welchem die Differenz der Grösse von Kopf und Pfanne in der That einen ziemlich genauen anatomischen Ausdruck für den Spielraum der Bewegung darstellt.

Am schnellsten und vollständigsten vollzieht sich die Abschleifung der ganzen Rolle, durch welche ihre ursprünglich verschiedenen Theile in eine gleichmässige Krümmung zusam-

menfliessen, an den Fingern auf den mittleren Durchschnitten, welche die Gelenkköpfe derselben in zwei symmetrische Hälften theilen, wahrscheinlich, weil hier der Eindruck der Pfanne durch die an ihr sich inserirenden Sehnen und dieser selbst auf den Kopf am meisten über denselben hin und her arbeitet. An den Seitenpartien derselben bleiben Stücke der Accessionen auf die Dauer mehr oder weniger unterscheidbar. Und an andern Gelenken bleiben überhaupt grosse Stücke der Krümmung ihrer Gelenkköpfe dauernd etwas verschieden, indem zwei Stücke derselben mit nicht ganz gemeinsamem Centrum sich in einer etwas vorspringenden stumpfen Knickungskante begegnen. Das auffallendste Beispiel davon hat der Eine von uns von den Gelenkköpfen des Hinterhauptes beschrieben und abgebildet. Es kommen aber ähnliche kleine Ungleichheiten von grossen Abschnitten der Gelenkköpfe, welche natürlich dann auch abwechselnd ein wenig klaffen, mannichfach variirend vor. Offenbar nun dürfen wir darin Spuren des Zusammentretens der ursprünglich getrennt entstandenen Accessionen und primären Gelenkköpfe, die ursprünglich gar nicht ganz gleiche Krümmung haben, erblicken. Und etwas ähnliches, nur in noch bleibenderer und ausgesprochener Form ist auch die Bildung solcher Gelenkköpfe wie das untere Ende des Oberschenkels oder das vordere der Mittelfussknochen, wo sich eine grosse Fortsetzung convexer Gelenkflächen mit von dem primären Gelenkkopfe abweichender Krümmung an denselben anschliesst, aber in eckiger Abgrenzung von ihm getrennt bleibt, weil nicht die Pfanne des nächsten Skeletgliedes mit ihr articulirt, sondern ein in die Insertionen von Sehnen an das die Pfanne tragende Glied eingeschalteter separater Knochen, Patella oder Sesambeine. Hier kann man sich denken, dass diese statt dessen, wie das Olecranon an der Ulna als Fortsätze der Pfanne anwachsen würden, wenn nicht die Excentricität der verschiedenen Theile des Kopfes eine nur biegsame Verbindung zwischen ihnen bei der Bewegung forderte.

Bis hieher hat sich unsere Betrachtung der Contactflächen-Gestaltung nur in der Richtung der mit ihr im Werden begriffenen typischen Bewegung, also bei Gelenken mit einfacher Drehungsachse auf Durchschnitten senkrecht zu derselben bewegt. Es

erübrigt ein Wort von der Entstehung der Krümmung zu sagen, die sich als Durchschnitt in Einer Ebene mit der Achse darstellt, oder als das, was wir Erzeugungslinie der Contactfläche nennen, wenn wir die Gestalt letzterer in Gedanken aus einer Drehung eben dieser, darum so genannten Linie um die Achse entstehen lassen. Wir haben sie an den Fingergelenken früh schon typisch auftreten sehen, ebenso am Ellbogen. Die Form der Köpfe an den Phalangen und der Trochlea des Oberarms, die gekehlte oder uhrglasförmige mit einer Einschnürung in der Mitte wird sich aus demselben Grunde, wie die vollkommene Abrundung der mittleren Partie des Gelenkkopfes erklären, aus dem directeren Anlegen der überspringenden Sehnen auf die Mitte des Kopfes, die dadurch auch tiefer eingedrückt, stärker convex und also eben gekehlt, eingeschnürt und von einer entsprechenden Vorragung der Pfanne umfasst würde.

Käme, wenn diese einfachste und gewöhnlichste Form der Rolle eines Gelenkkopfes mit quer hindurchgehender Hauptachse bereits angelegt ist, eine Muskelwirkung hinzu, welche auch in einer zu der Hauptebene der Bewegung queren Richtung Biegungen der in dem Gelenke verbundenen Stücke veranlasste, so könnte hieraus sehr leicht die sattelförmige Contactfläche hervorgehen. Wenn aber von vornherein in mehreren Richtungen Muskeln über das Gelenk hingehen und die Gestaltung desselben aus den früheren Stadien bestimmen, so wird in mehreren Ebenen die oben erörterte Entwickelung durch die Bewegung erfolgen und eine convexe Walze oder ein kugelähnlicher Gelenkkopf entstehen.

Es wäre zwecklos, auf den möglichen Hergang bei der Entwickelung verschiedener Formen von Gelenken schon jetzt weiter einzugehen, da der faktische Gang derselben zuvor an den einzelnen Gelenken erst weiter untersucht werden muss. Was wir an den Fingern gefunden haben, lässt natürlich zunächst auch nur auf ihre Gestaltung Schlüsse zu. Schon was wir als analogen Verlauf am Ellbogen bestätigen konnten, ist noch fragmentarisch, weil wir dort nicht bis auf gleich unentwickelte Stadien zurückgekommen sind. Aber die grossen Züge der ganzen Succession, in welcher die Organisation des Gelenks aus einer Art von Syndesmose zur Diarthrose und aus einer Art von Amphiarthrose

zum frei und regulär beweglichen Gelenke wird, sind doch mit grosser Wahrscheinlichkeit als an allen Gliederungen des Skelets wiederkehrende nach dem Vorliegenden vorauszusetzen.

In der Gestaltung von Kopf und Pfanne als Convexität und Concavität einer congruenten Contactfläche und in jener ersten allmäligen, auch zuletzt immer fortdauernden Verrückung der Grenzen des Kopfes durch Ausbreitung oder Verödung in gleichem Schritte mit der Excursion der Pfanne haben wir die aus Analogie mit kleinen ähnlichen Vorgängen im Leben schon früher gebildeten Ansichten wesentlich nur bestätigt und auf directe Beobachtungen basirt. Was aber hinzukommt, die Accession von breiteren Streifen convexer Gelenkflächen zu dem ersten aus der Umgestaltung der Amphiarthrose direct entstandenen Gelenkkopfe, über welche die Excursion der Pfanne dann fortschreitend erst hinausgreift, war nicht vorausgesehen und hat keine Analogie in anderen schon bekannten Vorgängen. Wir müssten denn daran denken, dass die pathologische Veränderung der Gelenke bei Contractur im Grunde als eine Wiederumkehr jenes ganzen Entwickelungsganges, eine Zurückbildung des beweglichen Mechanismus zur steifen Amphiarthrose betrachtet werden kann, bei welcher grosse Abschnitte der Gelenkköpfe, indem die Pfanne sie nie mehr betritt, von dem übrigbleibenden Contacte des Gelenks wieder ausgesondert werden. Sie werden von demselben durch Kanten wiederabgesetzt, verlieren die der Pfanne congruente Krümmung, die freilich auch an dem in Contact bleibenden Theile sich ändert, verlieren die glatte Knorpeloberfläche und bleiben nur in der Regel sehr lange, wenn auch keineswegs ausnahmslos, noch von nicht fest angewachsener, ausgedehnter Kapsel überspannt.

Ergebnisse in Bezug auf Thierähnlichkeiten in der Entwickelung.

Die Analogien, welche wir in der Entwickelung des Skelets der menschlichen Extremitäten mit denen niederer Thiere zu constatiren haben, reichen nicht so weit in die niederen Classen zurück, wie die, welche schon von der Genese anderer Körpertheile her längst bekannt sind. Ganz natürlich nicht, da unsere Untersuchungen nur relativ vorgeschrittene Stufen dieser Entwickelung zum Gegenstande gehabt haben. Aber sie erstrecken sich doch immerhin bis zu den weitest entfernten Säugethierord-

nungen. Dahin gehört die Andeutung einer Verbindung der Fibula mit dem Femur, welche ihre Analogie bei Echidna und Phalangista findet.

Sodann die Bildung der Verbindung des Talus mit der Tibia und Fibula in dem frühesten von uns beobachteten Stadium. Sie kann mit nichts passender verglichen werden, als mit der Bildung der betreffenden Gelenke bei Phalangista.[1] Die keilförmige Verlängerung, mit welcher der Talus bei unseren Embryonen zwischen die Enden der beiden Unterschenkelknochen hinauf erstreckt, entspräche ganz dem an derselben Stelle liegenden Meniscus, welcher bei dem Beutelthiere gemeinsam mit dem Tulus in einer Drehung um die senkrechte Achse der Tibia nach Art der Pro- und Supination, waran sich die Fibula betheiligt, beweglich ist, während er bei der Flexionsbewegung des Sprunggelenkes mit dem Unterschenkel unbeweglich verbunden bleibt. Und wenn wir uns also jene Form beim Menschen auch bleibend in der Bildung der Gelenke erhalten dächten, müsste auch ein analoger Mechanismus als resultirend vorausgesetzt werden.

Die von uns ursprünglich gefundene gegenseitige Lage der beiden Unterarmknochen im Ellbogengelenke, Radius noch mehr als später vor der Ulna, hat eine vollkommene Analogie noch bei höheren Ordnungen, z. B. bei Affen und Hunden. Ebenso das Verhältniss zwischen oberem und unterem Ende des Oberarms, die weniger als später im Verhältniss zur Schulter mit dem äusseren Ende vorwärts rotirte Achse des Ellbogens.

Dagegen findet sich die Analogie für die Schiefstellung der Achse der Kniegelenkscondylen zur Länge des Oberschenkels nur bei Wallrossen und Seehunden.

Endlich haben wir hier noch näher auf die ebenfalls schon oben erwähnte Andeutung von einem oder zwei überzähligen Carpuselementen einzugehen. Es handelt sich dann also hernach hier um eine Reduction mehrgliedrig angelegter Skelettheile zu einfachen, wie zu einem solchen Vorgange in phylogenetischer Verwerthung für grosse Abschnitte des Thierreichs aus den

---

[1] Vgl. Lucä, die Hand und der Fuss. Abh. der Senckenbergischen naturf. Gesellsch. V. Bd. Separatabdruck S. 52 (Inf. I. Fig. 11) und die Anmerkung dazu von W. Henke.

umfassenden Arbeiten Gegenbauer's[1], die jüngst noch durch Untersuchungen von Ungulaten-Embryonen von Rosenberg[2] ergänzt worden sind, zahlreiche und schlagende Analogien bekannt sind. Es handelt sich um die Anlage von 10 Carpalia. Die zwei unerwarteten liegen in der radialen Hälfte und zwischen der ersten und zweiten Reihe der Handwurzel.

Das eine entspricht in seiner Lage genau dem am Carpus der Amphibien, Reptilien und einiger Säugethiere (Nager, Insectenfresser und Affen) bekannten, bleibenden Centrale. Es liegt eingekeilt (Fig. 1) zwischen Capitatum, welches mit seinem Kopfe schon wohl angelegt ist, Trapezoideum und Radiale und erhielt sich bis in den Anfang des dritten Monates. Im zweiten Monate, cf. Fig., hat es noch beträchtliche Grösse, die übrigens an verschiedenen Händen wechselt. Ob man das in Figur 12 dem Naviculare ansitzende kleine Köpfchen diesem oder dem anderen noch zu besprechenden Handwurzelglied gleichzustellen hat, mag bei dem Mangel an weiteren Vergleichsschnitten dahingestellt sein. Nachher, in späteren Stadien wird es jedenfalls nicht mehr gesehen und scheint somit in das Naviculare aufzugehen, wie das bei Emys europaea[3] regelmässig geschieht, und zu dem Theil desselben zu werden, welcher mit der Pfanne des Trapezoideum articulirt. Dafür spricht auch, dass bei den Affen, so Simia Satyrus, wo das Centrale bleibend ist, dem Naviculare der Kopf für die Articulation mit dem Trapezoideum abgeht und dasselbe demnach um den ganzen Körper des Centrale kleiner ist, als beim Menschen[4]. Dadurch gewinnen nun auch die von Gruber[5] und anderen gesammelten Varietäten der Handwurzel ein besonderes Interesse. Ungezwungen erklärt sich aber ihr Vorkommen aus der ursprünglichen Anlage derselben in jedem Foetus und einer, von der typischen Umwandlung desselben abweichenden unvollkommenen Reduction der Gliederzahl durch ihr Verschmelzen mit dem Naviculare.

---

[1] Carpus u. Tarsus 1864.
[2] Zeitschr. f. wissensch. Zoologie 1873.
[3] Gegenbauer Tafel II, Fig. 3.
[4] Lucae l. c. Tafel XXXVI, Fig. 9.
[5] Archiv f. Anatomie u. Physiologie 1869. pag. 331.

Das zweite überzählig angelegte Handwurzelglied ist das an dem Radialrand liegende. Es ist zwischen das Naviculare und Trapezium hineingeschoben. Dieses haben wir nur einmal und zwar nur in dem einen, in Figur 1 wiedergegebenen Schnitt gesehen. Von der Anwesenheit eines solchen am ausgewachsenen Thiere ist nur in Simia Satyrus ein Beispiel bekannt (Lucae Taf. III Fig. 8), bei ihm findet es sich nur mehr zur Vola verschoben und nicht so weit zwischen Radiale und Trapezium hineingekeilt. Lucae lässt es, und gewiss mit Recht, der Eminentia carpi radialis inf. des Trapezium des Menschen entsprechen. Ob nun die Anlage unseres Handwurzelgliedes dieselbe Bedeutung gewinnt, mag dahin gestellt bleiben und zwar desshalb, weil es, wie in Figur 1 sichtlich, das Naviculare sehr passend mit dem Centrale zusammen zu der Form ergänzt, welche dieses am Erwachsenen hat, und zweitens, weil die Varietäten der Handwurzel hiefür zu sprechen scheinen. Nächst dem Vorkommen des Centrale beim erwachsenen Menschen, ist nämlich gerade eine Substitution des Radiale durch zwei Knöchelchen beobachtet worden[1], welche zwei Hälften desselben entsprechen und von denen das radial gelegene genau diesem hier beschriebenen entspricht. Es lässt sich also auch daran denken, dass diese Zweitheilung des Naviculare für die frühesten Stadien in einer doppelt getrennten Anlage derselben typisch ist und unser Präparat einem solchen Stadium angehört.

Wir sind am Ende, aber es liegt auf der Hand, dass wir mit dieser ganzen Arbeit nur am Anfange einer grossen Reihe dankbarer Untersuchungen stehen. Die Verfolgung der Entwickelung jedes Gelenkes im Einzelnen und der ganzen Anlage der Extremitäten in noch weiter zurückliegenden Stadien verspricht schon bei der gleichen Behandlung, wie sie vorliegend versucht ist, noch reiche Ausbeute; mehr noch wenn sie zugleich mit der Erforschung der in der Bildung begriffenen Muskeln verbunden werden wird.

---

[1] Gruber 1866. Zeitschr. f. Anatomie u. Physiologie.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Schnitte von Embryonen aus der fünften und sechsten Woche.

Fig. 1. Flächenschnitt durch die obere Extremität, welcher die Ellenbeuge in ihrer äusseren (radialen) Hälfte getroffen hat. Zwischen dem Naviculare der Handwurzel und den beiden Multangula liegt das dem Erwachsenen fehlende Glied, Os centrale oder intermedium. An das Multangulum majus schliesst sich schräg getroffen die centrale Hälfte des Metacarpus I.

Fig. 2. Untere Extremität desselben Embryo.

Fig. 3. Ellenbeuge im ulnaren Theil, von demselben Präparat wie Fig. 1. Schnitt demselben parallel. Zwischenzone.

Fig. 4. Die Vorderhand des in Fig. 1 abgebildeten Schnittes bei stärkerer Vergrösserung, welche die Grenzen der Scheiben besser hervortreten lässt.

Fig. 5. Flächenschnitt aus derselben in Fig. 4 abgebildeten Hand, nur mehr volar gelegen. Daumen und zwei Finger. Auf der ersten Phalange des Daumens die Scheibe, ohne dass die zweite Phalange schon angelegt ist. Von ihr ist auch bei Durchsicht der ganzen Schnittreihe keine Spur zu finden. Zwischen Metacarpus und erstem Phalanx des zweiten Fingers die Zwischenscheibe sehr deutlich.

Fig. 6. Mehr zur Medianebene gelegener Flächenschnitt derselben in Fig. 2 gegebenen unteren Extremität. Oberschenkelschaft und vordere Fläche der Unterschenkelglieder in einer Ebene. Keilform des Talus. Scheidung des Metatarsus und der ersten Phalanx der dritten Zehe nur durch die vorspringende Leiste kenntlich (Hämatoxilinfärbung). Erst bei Picrocarmin sondert sich die Scheibe, wie in Fig. 4.

Fig. 7. Mehr plantar gelegener Schnitt derselben Extremität. Metatarsus IV. und erste Phalanx.

Fig. 8. Median gelegener Schnitt durch die untere Extremität des sechswöchentlichen Embryos, desshalb Bug und Schaft des Femur nicht in Continuität. Anlage des Fusses bei der Präparation zerdrückt.

Tafel II.

Schnitte von Embryonen aus dem Ende des zweiten Monates bis zum fünften Monat.

Fig. 9. Axialer Dorsovolarschnitt durch den dritten Finger aus dem Ende des zweiten Monats. Die Zwischenzonen. Muskelinsertionen. Verkalkung in der Endphalanx. Das kleine volargelegene Kalkkrümel mag beim Schnitt abgebrochen sein, ebenso wohl in Fig. 10a und 11. Die S-förmige Linie zwischen Capitatum und Metacarpus (Picrocarmin tricheris).

Fig. 10. Daumen und Zeigefinger im Flächenschnitt aus dem Ende des zweiten Monats. Pilzform des Verkalkungsheerdes (Hämatoxilin).

Fig. 10a. Vierter und fünfter Finger derselben Hand. Der erstere im Dorsovolar- der letztere schon mehr im Flächenschnitt. Am vierten die geradlinige Bewegung der ersten Phalanx gegen die zweite. Am fünften die Kegelform der Endphalanx.

Fig. 11. Fast axialer Dorsovolarschnitt durch den dritten Finger aus dem Ende des zweiten Monats (Haematoxilin). Zum Rumpf convexe Begrenzungslinie zwischen Metacarpus und erster Phalange. Geradlinige Begrenzung von Phalanx I. gegen Phalanx II. Doppelt gekrümmter Verlauf der Begrenzungslinien zwischen Phalanx II. und III.

Fig. 12. Kolbenform der Endphalanx des Daumens (Hämatoxilin).

Fig. 13. Zweite Phalanx desselben fünften Fingers aus Fig. 10a. Circuläre Einschnürung. Die Endphalanx ist nur mit einem Randtheil ihrer Basis in den Schnitt gefallen.

Fig. 14. Dorsovolarschnitt durch die Handwurzel, welche den Metacarpus II. in seiner Basis radiolateral getroffen hat. Zwischen Multangulum minus und Naviculare liegt das Centrale. Das zur Volarseite rechts liegende kleinste dreieckige Körperchen ist ein Theil des Multangulum majus.

Fig. 15. Flächenschnitt durch die Hand von einem Embryo aus dem Anfang des dritten Monats (Picrocarmin). Die radioulnaren Krümmungen an dem vierten und fünften Finger. An ihnen und dem Daumen die Zwischenzonen. In der Handwurzel das theilweise mit dem Naviculare vereinigte kleine fragliche Körperchen. Zwischen Triquetrum und Ulna die Cartilago triangularis.

Fig. 16. Axialer Dorsovolarschnitt durch einen vierten Finger aus dem Ende des dritten Monats. Auf dem Kopf von Phalanx I. die gleiche Grösse der Accessionen auf dem dorsalen und im volaren Theil. Ihre Bogenspannungen kleiner als die des primären Gelenkkopfs. Auf dem Kopfe der zweiten Phalanx das Umgekehrte. Auf dem Dorsum der ersten Phalanx die beginnende Verkalkung.

Fig. 17. Axialer Flächenschnitt durch einen dritten Finger aus dem Anfang des vierten Monats.

Fig. 18. Axialer Dorsovolarschnitt durch den fünften Finger aus dem Ende des dritten Monats derselben Hand aus Fig. 16. Auf Phalanx I. der primäre Gelenkkopf. Auf dem Kopf von Phalanx II. die beginnende Entwicklung der Accessionen.

Fig. 19. Lateraler Dorsovolarschnitt durch den zweiten Finger aus dem Anfange des vierten Monats (dieselbe Hand, der Fig. 17 entnommen ist). Das Zusammenfliessen der Accession auf der volaren Seite mit der Krümmung des primären Gelenkkopfs an den Köpfen von Phalanx I. und II.

Fig. 20. Axialer Dorsovolarschnitt durch den zweiten Finger aus dem fünften Monat. Die Krümmung des primären Gelenkkopfs am Kopf der zweiten Phalanx fast ganz in die Accession aufgegangen.

Tafel III.

Fig. 21. Flächenschnitt durch einen vierten Finger aus dem sechsten Monat. Das zweite Interphalangealgelenk axial, das erste etwas dorsal getroffen. Die exquisiten radio-ulnaren Krümmungen.

Fig. 22. Lateraler Dorsovolarschnitt durch den dritten Finger aus dem sechsten Monat. (Dieselbe Hand, wie in Fig. 21.)

Fig. 23, 24, 25. Successive Flächenschnitte durch das Metacarpophalangealgelenk desselben in Fig. 21 benützten Fingers. Fig. 23. Der am meisten dorsal gelegene, mit einem Randbild der Synovialfalte. In Fig. 24 ist dieselbe auch noch continuirlich. In Fig. 25, dem mehr axial gelegenen Theil, sieht man ihre freien ins Gelenk ragenden Ränder.

Fig. 26. Axialer Dorsovolarschnitt vom Neugeborenen. Dig. III.

Fig. 27. Axialer Dorsovolarschnitt vom Erwachsenen. Dig. III.

Tafel IV.

Fig. 28. Ellenbeuge aus dem zweiten Monat. Die Schnittebene kreuzt die Drehungsaxe der Trochlea in rechtem Winkel. In Analogie zu den Schnitten der Finger, werden diese Dorsovolarschnitte genannt werden. Es ist ein Dorsovolarschnitt durch den ulnaren Theil des Gelenks.

Fig. 29. Dorsovolarschnitt desselben Gelenks aus dem radialen Theil.

Fig. 30. Dorsovolarschnitt durch den radialen Theil eines Ellbogengelenks aus dem Ende des zweiten Monats.

Fig. 31. Schnitt durch das Ellbogengelenk eines Foetus aus dem Ende des zweiten Monats, parallel zur Drehungsaxe der Trochlea und Längsaxe der Ulna.

Fig. 32. Dorsovolarschnitt durch den radialen Theil eines Ellbogengelenks aus dem Ende des zweiten Monats. Mit demselben Schnitt ist auch das Schultergelenk zerlegt worden.

Fig. 33. Dorsovolarschnitt durch den radialen Theil desselben Gelenks. Der ganze obere Theil des Schnittes mit dem Schultergelenk ist weggelassen worden. Die Schnitte sind parallel.

Fig. 34. Radialer Theil eines Ellbogengelenks aus dem Ende des dritten Monats im Dorsovolarschnitt.

Fig. 35. Parallelschnitt aus dem ulnaren Theil desselben Gelenks.

Die Angabe der Vergrösserungen ist den Nummern der Figuren auf den Tafeln selbst beigefügt. Die Zeichnungen sind alle mit Hilfe eines Zeichenprisma unmittelbar nach den Präparaten gemacht. In der lithographischen Ausführung ist manches zu schematisch scharf contourirt ausgefallen, besonders in den stärkeren Vergrösserungen der ersten Stadien (Fig. 4, 5, 6) die Abgrenzungen der Skeletabschnitte, in anderen die Bänder- und Sehnenanlagen.

XXV. SITZUNG VOM 12. NOVEMBER 1874.

Herr Custos Th. Fuchs erstattet einen kurzen Bericht über seine mit Subvention der Akademie vorgenommene Untersuchung der jüngeren Tertiärbildungen an der Ostküste Italiens, und erbietet sich, der Akademie auch für die weitere Ausführung des begonnenen Unternehmens seine Kräfte zu widmen.

Herr Ludwig Birkenmajer in Lemberg übersendet eine Abhandlung: „Zur Theorie der Gase".

Herr Schiffslieutenant K. Weyprecht übermittelt die im Laufe der österr.-ungar. Polarexpedition mit dem Schleppnetze gesammelten Grundproben und Thiere mit dem Ersuchen, dieselben zur weiteren Bearbeitung an die speciellen Fachmänner zu vertheilen.

Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung: „Über die Ausdehnung der festen Körper mit steigenden Temperaturen", vom Herrn Dr. Al. Handl, Professor an der Militär-Akademie zu Wiener Neustadt.

Herr Prof. Dr. S. L. Schenk legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Die Spermatozoën von *Murex brandaris*".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

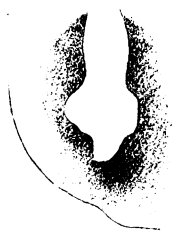
Academia de Ciencias medicas, fisicas y naturales de la Habana: Anales. Tomo X. Entrega 118; Tomo XI, Entrega 119. Habana, 1874; 8°.

Anstalt, Kgl. ungar. geologische: Évkönyve. III. kötet, 1 füzet. Pest, 1874; 4°. — Mittheilungen. III. Band, 1. Heft. Pest, 1874; 4°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 30—32. Wien, 1874; 8°.

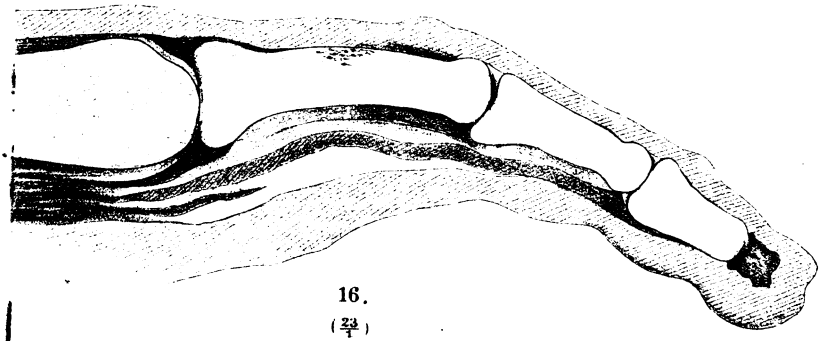
Beobachtungen, Schweizer Meteorologische. April — September 1873. Zürich; 4°.

7.
$(\frac{53}{1})$

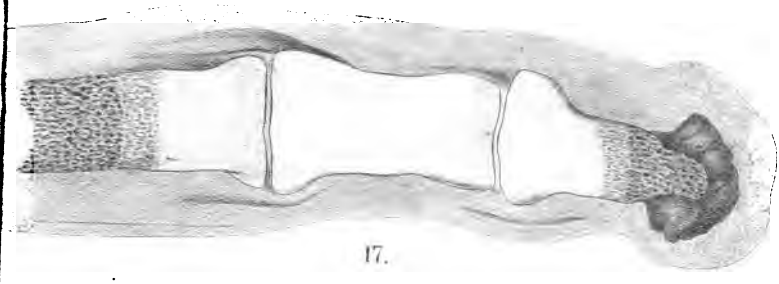


8.
$(\frac{23}{1})$

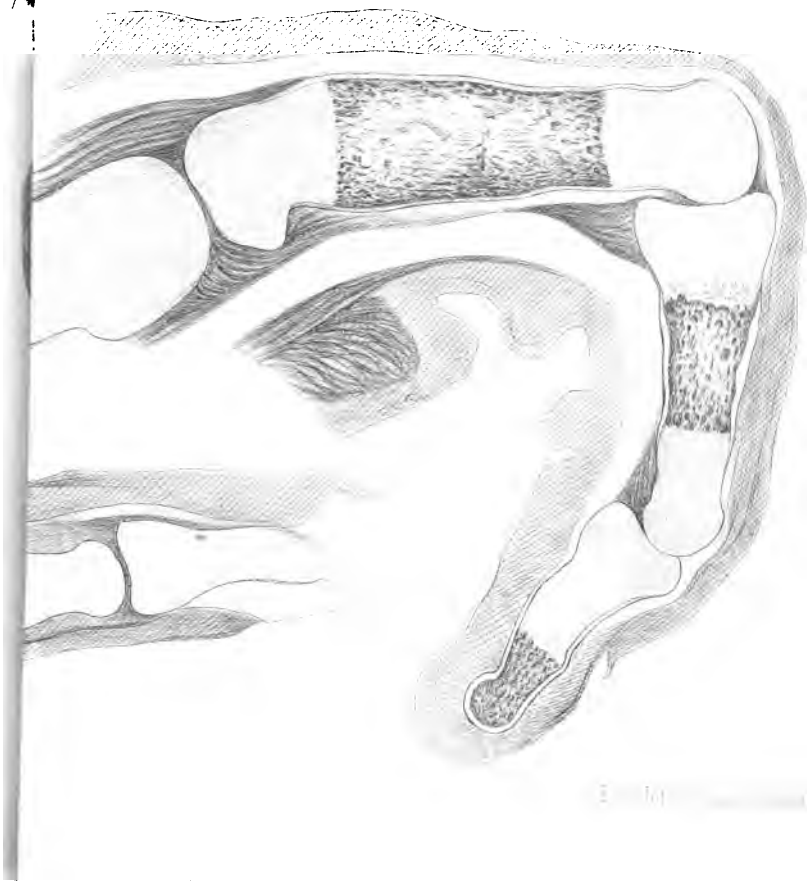
K.k Hof-u. Staatsdruckerei.



16.
($\frac{2}{1}$)

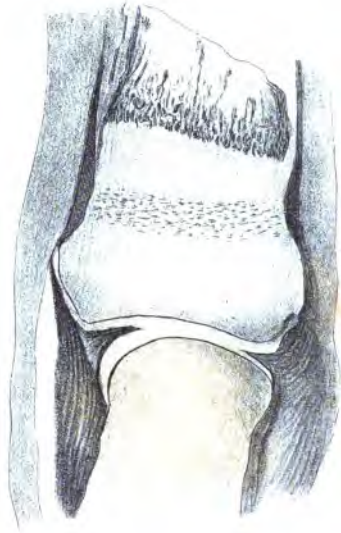


17.

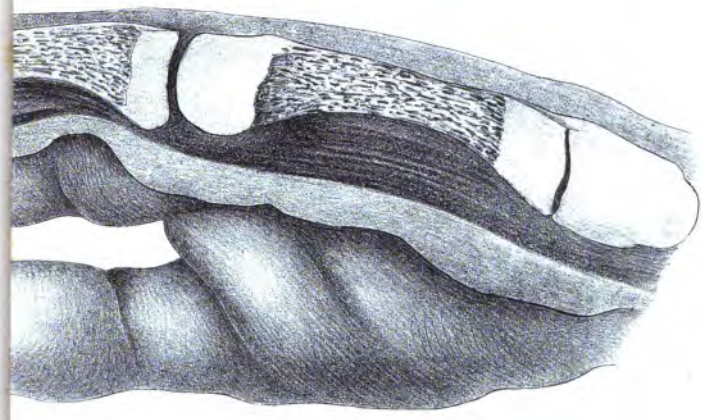


24. $(\frac{15}{1})$

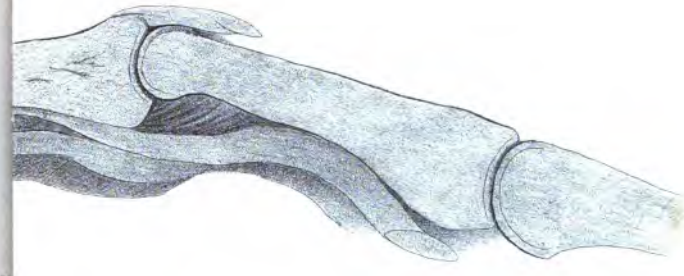
25.



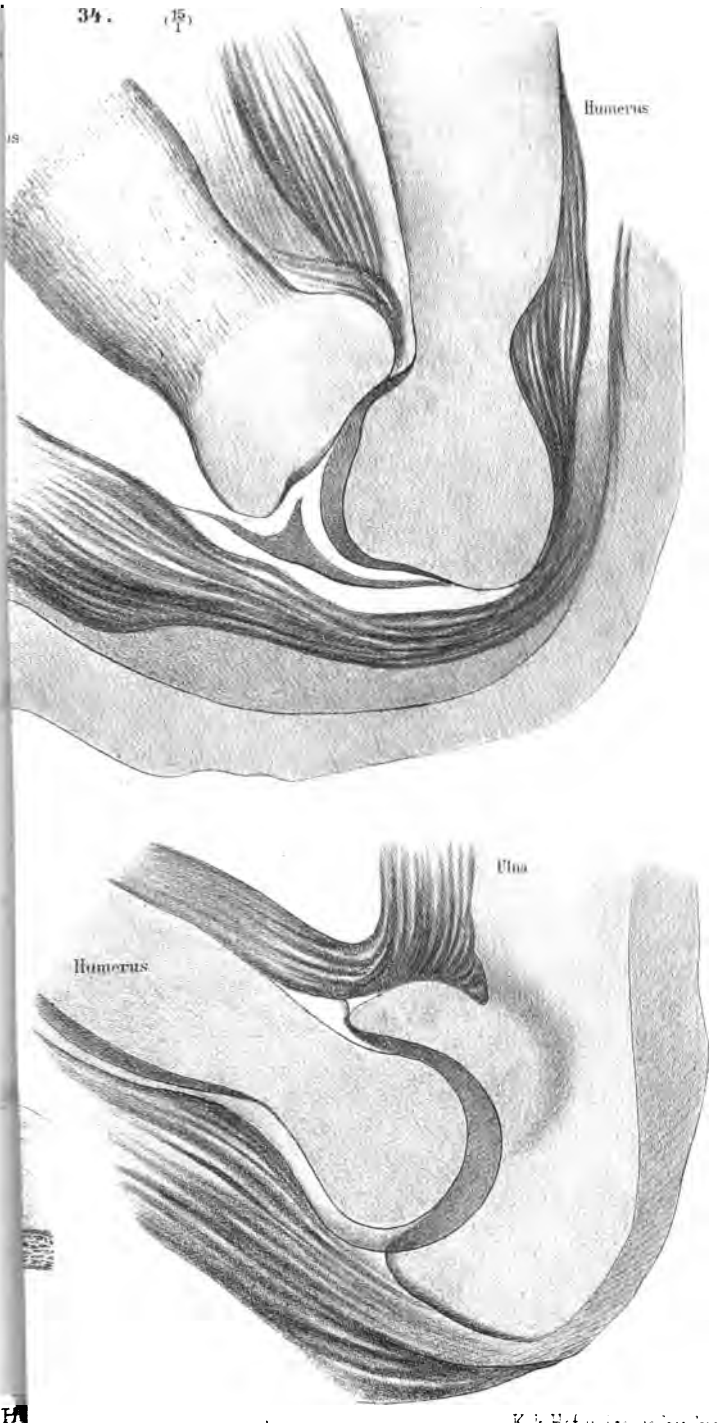
26. $(\frac{2}{1})$



27. $(\frac{1}{1})$



K. k. Hof- u. Staatsdruckerei.


34. (15/1)
Humerus
Ulna
Humerus

Beobachtungen, magnetische und meteorologische, an der k. k. Sternwarte zu Prag, im Jahre 1873. Prag, 1874; 4°.

Breslau, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1873/4. 4° & 8°.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1874, Nr. 3 bis 6. Roma, 1874; gr. 8°.

Essex Institute: Bulletin. Vol. V. 1873. Salem, Mass., 1874; 8°.

Geological and Geographical Survey of the Territories, U. St.: Miscellaneous Publications. Nr. 4. Washington, 1874; 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 21. Wien, 1874; 4°.

— k. ungar., naturwissenschaftliche: Közlöny. V. kötet, 41.—52. füzet. Buda-Pest, 1873; 4°. — A fajok eredete a természeti kiválás utján etc. irta Charles Darwin. I.—II. kötet. Budapest, 1874; 8°. — Elöadások az elemi élettan Köréböl. Irta Th. H. Huxley, Budapest, 1873; 8°. — A hö mint a mozgás egyik neme. Irta John Tyndall. Budapest, 1874; 8°. — A jelen geologiája. Irta Bernhard von Cotta. Budapest, 1873; 8°. — Die Eishöhle von Dobschau. Von Jos. Alex. Krenner. Budapest, 1874; 4°. — Die Ebbe und Fluth in der Rhede von Fiume. Von E. Stahlberger. Budapest, 1874; 4°.

Instituut, koninkl. Nederlandsch meteorologisch: Jaarboek vor 1873. I. Deel. Utrecht, 1873; 4°.

Karpathen-Verein, Ungar.: Jahrbuch. I. Jahrgang. 1874. Kassa; 8°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 13—15. Wien; 4°.

Lotos. XXIV. Jahrgang. Juli 1874. Prag; 8°.

Lund, Universität: Acta. Philosophi, Språkvetenskap och Historia. 1871; Tom. IX. 1872; Theologi. 1871; Mathematik och Naturvetenskap. 1871; Tome IX. 1872. Lund 1871—1872; 4°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 10. Heft. Wien; 8°.

Moniteur scientifique du D^teur Quesneville. 395e Livraison. Paris, 1874; 4°.

Museum Francisco-Carolinum: XXXII. Bericht. Linz, 1874; 8°.

— d'histoire naturelle de Paris: Nouvelles Archives. Tome VIII°, 1er—4e fasc.; Tome IX°, 1er—4e fasc. Paris, 1872 & 1873; 4°.

Nature. Nr. 262, Vol. XI. London, 1874; 4°.

Naval Observatory, United States: Astronomical and Meteorological Observations made during the Year 1871. Washington, 1873; 4°.

Observatorium zu Tiflis: J. B. Biot's Tafeln zur Berechnung barometrischer Höhenmessungen. Neu berechnet und erweitert von H. Kiefer. Tiflis, 1874; 8°. — Inhaltsverzeichniss zum Bibliotheks-Katalog des Tiflis'schen Physikalischen Observatoriums nach dem Stande vom 1. Mai 1874. Von H. Kiefer. Tiflis, 1874; 8°.

Peabody Academy of Science: V^th Annual Report. Salem, 1873; 8°. — The American Naturalist. Vol. VI, Nr. 12 (1872); Vol. VII, Nrs. 1—12 (1873); Vol. VIII, Nr. 1 (1874.) Salem, Mass., 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1874. XXIV. Band, Nr. 3. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 13. Wien; 4°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXIV. Band. Jahrgang 1874, October-Heft. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IVe Année, 2e Série, Nr. 19. Paris, 1874; 4°.

Société Nationale des Sciences naturelles de Cherbourg: Mémoires. Tome XVIII (2e Série, Tome VIII). Paris & Cherbourg, 1874; 8°.

Verein, geognostisch-montanistischer, für Steiermark: Schluss-Bericht. Graz, 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 45. Wien, 1874; 4°.

XXVI. SITZUNG VOM 19. NOVEMBER 1874.

Herr Regierungsrath Dr. E. Mach in Prag übersendet eine „vorläufige Mittheilung über die Schallgeschwindigkeit des Wassers in Röhren", vom Herrn Dr. V. Dvořák.

Herr Director Dr. G. Tschermak legt den ersten Theil einer Abhandlung: „Über das Krystallgefüge des Eisens, insbesondere des Meteoreisens" vor.

Derselbe überreicht ferner eine Abhandlung: „Über die Trümmerstructur der Meteoriten von Orvinio u. von Chantonnay."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academy of Natural Sciences of Philadelphia: Journal. New Series. Vol. VIII, Part I. Philadelphia, 1874; 4°. — Proceedings. 1873. Parts I—III. Philadelphia, 1873—74; 8°. — Observations on the Genus Unio. By Isaac Lea. Vol. XIII. Philadelphia; 4°.

— The American, of Arts and Sciences: Proceedings. Vol. VIII. Sign. 64—85. Boston & Cambridge, 1873; 8°. — The Complete Works of Count Rumford. Vols. II—III. Boston, 1873 & 1874; 8°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie. Band 174, Heft 2. Leipzig & Heidelberg, 1874; 8°.

Athen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften für das Jahr 1873/4. 4°, 8° & 12°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome LIe, Nr. 202. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Bonn, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1873. 4° & 8°.

Boston Society of Natural History: Memoirs. Vol. II. Part II, Nr. 4; Vol. II. Part III, Nrs. 1—2. Boston, 1873 & 1874; 4°.

— Proceedings. Vol. XV. Parts 3—4. (1873); Vol. XVI, Parts 1—2. (1874.) Boston; 8°.

Buffalo Society of Natural Sciences: Bulletin. Vol. I, Nr. 4. Buffalo, 1874; 8°.

California Academy of Natural Sciences: Proceedings. Vol. I. (1854—1857); Vol. V, Part. 2. (1873.) San Francisco, 1873 & 1874; 8°.

Chantre, Ernest, Projet d'une légende internationale pour les cartes archéologiques préhistoriques. Lyon, 1874; 4°. — Les faunes mammalogiques tertiaire et quaternaire du bassin du Rhône. Lyon, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIX, Nr. 18. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft, k. k., geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVII (neuer Folge VII), Nr. 10. Wien, 1874; 8°.

— Deutsche, geologische: Zeitschrift. XXVI. Band, 3. Heft. Berlin, 1873; 8°.

Landbote, Der steierische. 7. Jahrgang, Nr. 23. Graz, 1874; 4°.

Lyceum of Natural History of New York: Annals. Vol. X, Nrs. 8—11. New York, 1872 & 1873; 8°. — Proceedings. Vol. I. Sig. 16—19. Second Series. January to March, 1873. New York; 8°.

Nature. Nr. 263, Vol. XI. London, 1874; 4°.

Report, Fifty-fourth Annual —, of the Boord of Public Education of the First School District of Pennslyvania. For the Year 1872. Philadelphia, 1873; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger. IVe Année, 2e Série, Nr. 20. Paris, 1874; 4°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. 1874. Disp. 9^a. Palermo; 4°.

Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève: Mémoires. Tome XXIII, 2de partie. Genève, Paris, Bâle 1873—1874; 4°.

— Malacologique de Belgique: Annales. Tome VIII; Année 1873. Bruxelles; 8°. — Procès-verbaux des séances. Tome III. Année 1874. (Pages I—CXXX.) Bruxelles; 8°.

Society, The Wisconsin State Agricultural: Transactions. Vol. X. 1871; Vol. XI. 1872—3. Madison, 1872 & 1873; 8°.

— The American Philosophical, of Philadelphia: Transactions. Vol. XV. New Series. Part I. Philadelphia & London, 1873; 4°. — Proceedings. Vol. XIII, Nrs. 90—91. 1873; 8°.

Verein, naturwissenschaftlicher, in Hamburg: Abhandlungen. V. Band. 4. Abth. Hamburg, 1873; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 46. Wien, 1874; 4°.

Zeitschrift des Ferdinandeum für Tirol und Vorarlberg. Dritte Folge. XVIII. Heft. Innsbruck, 1874; 8°.

— für die gesammten Naturwissenschaften. Von C. G. Giebel. N. F. 1874. Band IX. Berlin, 1874; 8°.

— des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang, 15. Heft. Wien 1874; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXX. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

10.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

XXVII. SITZUNG VOM 3. DECEMBER 1874.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freiherr von Burg den Vorsitz.

Der Secretär liest eine Zuschrift des k. & k. Ministeriums des Äussern vom 26. November, womit das von der Akademie am 25. November an dasselbe gestellte Ansuchen, den zur Beobachtung des Venus-Durchganges nach Jassy reisenden Professoren Dr. Edm. Weiss und Dr. Th. v. Oppolzer die möglichste Unterstützung seitens der rumänischen Behörden, und namentlich den anstandlosen und zollfreien Aus- und Eingang der von denselben mitgeführten Instrumente erwirken zu wollen, dahin beantwortet wird, dass das genannte Ministerium sofort das General-Consulat in Bukarest, sowie das Consulat in Jassy von der Reise der beiden Gelehrten verständigt und das erstgenannte Amt zugleich angewiesen habe, sich in der gewünschten Richtung bei der rumänischen Regierung mit aller Beschleunigung zu verwenden.

Die physikalisch-medicinische Gesellschaft zu Würzburg ladet die Akademie mit Circular-Schreiben vom November 1874 zu ihrem am 8. December zu begehenden 25jährigen Stiftungsfeste ein.

Die Classe beschliesst, der Gesellschaft aus diesem Anlasse ein Beglückwünschungs-Telegramm zugehen zu lassen.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Jährliche Periode der Insecten-Fauna von Österreich-Ungarn. I. Die Fliegen *(Diptera)*“, vom Herrn Vice-Director K. Fritsch in Salzburg. Diese Abhandlung ist für die Denkschriften bestimmt.

Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg: Württembergische naturwissenschaftliche Jahreshefte. XXX. Jahrgang. 1., 2. & 3. Heft. Stuttgart, 1874; 8°.

— für Erdkunde zu Dresden: XI. Jahresbericht. Dresden, 1874; 8°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftliche Veterinärkunde. XLII. Band, 1.—2. Heft. Wien, 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 47—48. Wien, 1874; 4°.

Entwickelungsvorgänge im Eichen von Serpula nach der künstlichen Befruchtung.

Von Prof. **S. L. Schenk** in Wien.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. November 1874.)

Beobachtungen, die ich an passenden Objecten anzustellen in der Lage war, und die mir Aufschluss gaben über eine Reihe von ungekannten Erscheinungen, veranlassen mich, einige Vorgänge im Eichen, unmittelbar nach der Besamung, einer erneuerten Schilderung zu unterziehen.

Die Veränderungen, welche man bisher an befruchteten Eiern, kurze Zeit nach der Befruchtung, kennt, sind kurzgefasst folgende: Man schildert das Eindringen der Spermatozoën, das Schwinden des Keimbläschens und den bald darauf vor sich gehenden Process der Zerklüftung des Zooplasma's, welchen Vorgang man mit dem Namen des Fruchtungsprocesses bezeichnet.

Manche Andeutungen lagen mir aus den Untersuchungen an Eiern von Wirbelthieren vor, die hinreichend waren, anzunehmen, dass die erwähnten und beschriebenen Vorgänge an den besamten Eiern noch nicht sämmtliche Glieder in der Kette der Erscheinungen der ersten Entwicklungsvorgänge enthalten. Es sind noch einige Erscheinungen einzufügen, welche ich beobachten konnte und deren Zusammenstellung den wesentlichen Inhalt der vorliegenden Zeilen ausmacht.

Als Beobachtungsobject dienten mir die Eichen von *Serpula uncinata* (Grube) oder *Serpula eupomat. uncinat.* (Philippi); ferner waren die Eier der *Phallusia intestinalis* erwünschte Untersuchungsobjecte. Bei beiden Thieren wurde die künstliche Befruchtung eingeleitet und die Eichen während ihrer Entwicklung im Meerwasser beobachtet. Die künstliche Befruch-

tung von *Serpula* kann in der einfachsten Weise vorgenommen werden. Es werden die harten Schalen eröffnet und das in denselben befindliche und der Schale bare Thier krümmt sich gegen die Rückenfläche zusammen, wobei ein Erguss von Samen beim Männchen und von Eiern beim Weibchen stattfindet.

Es scheint hiebei das Thier seiner Hülle entblösst, einem eigenthümlichen Hautreize auf der Körperoberfläche ausgesetzt zu sein, wodurch vielleicht auf reflectorischem Wege die in der Leibeshöhle des Thieres enthaltenen Producte des Genitalsystems, welche bei der Contraction des Körpers einem höheren Drucke ausgesetzt sind, aus der Leibeshöhle entfernt werden.

Man beobachtet alsdann, dass auf einem grösseren Theile der Bauchfläche, näher zu beiden Seiten des Thierleibes, die Eichen oder das Sperma den Körper verlassen.

Die Öffnungen liegen zwischen den einzelnen Segmenten und sind nur dadurch wahrnehmbar, dass man an Schiefschnitten auf die Längsachse des Körpers die Eichen oder das Sperma bis an die Oberfläche des Thieres reichen sieht, so dass man durch diese kleinen Spalträume bis in die Leibeshöhle *(Coelom)* des Thieres gelangen kann.

Die erwähnten Angaben über die Entleerung der Zeugungsstoffe stehen bei *Serpula* nicht isolirt da.

Ebrard[1] sah unter Anderen bei dem Blutegel, wenn der Letztere Eier in feuchte Erde legte, Bewegungen, die sich als Krümmungen des Körpers manifestirten. Ferner zeigte Leukart und Pagenstecher[2] bei einigen Anneliden, dass selbe ihre Eier durch spaltförmige Öffnungen aus dem Körper entfernen. Nur ist bei der *Serpula uncinata* hervorzuheben, dass sie unter den Chaetopoden als ein mit getrenntem Geschlechte versehenes Individuum anzusehen ist, während die meisten Thiere dieser Species Zwitter[3] sind.

---

[1] Ebrard, Nouvelle Monographie des sangsues medic. etc. Paris 1861.

[2] Henle und Meissner's Jahresber. 1861, p. 171.

[3] Supplementband. Les Annélides chaetopodes du Golfe de Naples, par Ed. Claparède. Genève et Bâle. 1870.

Mecznikoff stellte Untersuchungen an den rabdocoelen Turbellarien an und theilt mit, dass bei dem von Oscar Schmidt und M. Schulze beschriebenen *Prostomum lineare* die weiblichen und männlichen Organe verschieden stark in verschiedenen Individuen entwickelt sind. Es waren zwei Geschlechtsöffnungen vorhanden, eine männliche und eine weibliche. Nur bei einer Rabdocoele von Schmarda *(Acmostomum)* beobachtete Mecznikoff ein vollständiges männliches Exemplar.

Die Producte der Genitaldrüsen finden sich bei *Serpula uncinata* in der Leibeshöhle und erstrecken sich vom Schwanzende angefangen bis ungefähr zum sechsten Segmentalring oder bis zum Kragen, der ein Product der Horngebilde ist.

Um im Allgemeinen eine Übersicht über die Lage der Genitaldrüsen zu gewinnen, versuche ich hier ein naturgetreues Bild vom Querschnitte aus der Mitte des Körpers eines männlichen (Fig. 1) und eines weiblichen Thieres (Fig. 2) zu bringen.

An den umgebenden Horngebilden (*a*) beobachtet man in den Figuren 1 und 2 kleine stachelförmige Erhabenheiten (*st*) von homogener Structur, die von Carmin nicht gefärbt erscheinen, während die anderen Gebilde vollständig bei Carminbehandlung gefärbt sind. Sie liegen an Gebilden der eigentlichen Cutis (*b*), in welcher die Muskelzüge (*M*) sich inseriren. In der Hautschichte sieht man zuweilen zerstreut liegende, grössere, von Carmin gefärbte, rundliche Körper (*P*), die aus einem körnigen Protoplasma bestehen. Der Cutisschichte schliesst sich eine Lage von Fasern (*M*) an, welche der Muskellage bei den Würmern entspricht und deren Anordnung bei *Serpula uncinata* derart ist, wie bei den doppeltgefiederten Muskeln der höheren Thiere. Nur konnte ich an den Fasern dieser der Muskelschichte entsprechenden Lage bei *Serpula uncinata* keine Querstreifung wahrnehmen.

Die Vertheilung der Muskelfasern ist mit Rücksicht auf die Bauch- (*B*) und Rückenfläche (*R*) des Thieres eine verschieden starke. Am Rückentheile (*R*), vom Schwanze bis zur Höhe des Kragens ist die Muskelschichte (*M*) sowohl beim männlichen (Fig. 1), als auch beim weiblichen Geschlechte eine stark ausgebildete, während an der Bauchfläche (*B*) nur zu beiden Seiten der Mittellinie eine spärlich vertheilte Muskulatur (*M*,) zu sehen ist.

An den seitlichen Stellen (*S*), wo keine Muskulatur an der Haut liegt, findet man die Eichen (*E* Fig. 2) oder das Sperma (*Sp.* Fig. 1) der Hautbedeckung anliegen. An diesen Stellen begegnet man an Schiefschnitten Öffnungen, durch welche die Spermatozoën oder die Eichen aus der Leibeshöhle treten. Man trifft nicht selten die Eichen an den Durchschnitten auf der Oberfläche des Thieres liegen und im Zusammenhange mit jenen, welche in der Leibeshöhle des Thieres liegen.

Die beschriebene Vertheilung der Muskulatur bedingt es, dass die *Serpula* nach der Entfernung der Schale sich derart krümmt, dass die Concavität der gekrümmten *Serpula* stets nach der Rückenfläche, als jenem Theile des Thieres gewendet ist, an dem wir die Muskulatur massenhafter vertreten finden. In der Mitte des Querschnittes ist der Darmkanal (D_1) mit einer Menge von Vorsprüngen versehen (v), die als Durchschnitte von Längsleisten[1] im Darme angesehen werden können. Die innere Auskleidung des Darmrohres bildet ein Cylinderepithel (*C*).

Um das Darmrohr (D_1) trifft man auf dem Querschnitte eigene Röhrenverzweigungen (*G*) von Blutbahnen, die einerseits dem Darme anliegen, anderseits ein Netzwerk von Verzweigungen bilden, die im Raume zwischen dem Darme (D_1) und der Muskellage (*M*) sich befinden. Dieses Netzwerk von Gefässen ist zum guten Theile der Träger der Eichen (Fig. 1 *E*) oder des Sperma (Fig. 1 *S*), je nach dem vorhandenen Geschlechte des Thieres.

Nachdem wir Einiges über die Anatomie des Thieres mittheilten, wollen wir zum künstlichen Befruchtungsversuche bei *Serpula uncinata* zurückkehren.

Bringt man ein männliches und weibliches Individuum ohne Kalkröhre in eine mit Meerwasser gefüllte Uhrschale, so entleeren beide Thiere unter Krümmungen des Körpers den Inhalt ihres Genitalraumes.

Nach kurzer Zeit treten die Veränderungen auf, welche in Folge der stattgehabten Befruchtung am Eichen sich zeigen.

Ihre Beschreibung bildet den Hauptinhalt des Folgenden.

---

[1] Im oberen Viertel des Thieres bekommt man nur ein ovales Lumen auf dem Querschnitte des Darmes, ohne Andeutungen von Leisten.

Bevor wir aber zur Ausführung des Letzteren schreiten, ist eine Beschreibung des unbefruchteten reifen Eichens von *Serpula uncinata* vorauszuschicken. Das frisch gelegte Eichen ist rund und misst im Durchmesser ungefähr 0·08—0·06 Mm.

Man beobachtet an demselben (Fig. 3) eine umhüllende Membran (*Z*), ferner einen feinkörnigen Dotter (*D*), welcher, wie die Ergebnisse der Entwickelung lehren, nur aus einem Bildungsdotter besteht. Innerhalb desselben ist das Keimbläschen (*K*) zu sehen, welches rund ist und ohngefähr den halben Radius des Eikreises im optischen Querschnitte einnimmt. Im Keimbläschen liegt seitlich das Keimkörperchen, der Keimfleck (*Kf*), Seine Lage ist gewöhnlich excentrisch.

Wird an solchen Eichen die Besamung vorgenommen, so beobachtet man zunächst ein Anhaften der Spermatozoën in einer solchen Weise, dass dieselben nur durch mechanische Eingriffe, die das Eichen zerstören, von dem letzten entfernt werden können.

Alsbald tritt die erste Veränderung in der Gestalt und Form des Keimbläschens auf (Fig. 4).[1] Während dieser Veränderungen am Keimbläschen hören die Bewegungen jener Spermatozoën, welche dem Eichen anliegen, auf.

Das runde bläschenförmige Gebilde (*K*) wird zunächst zackig. Die Änderung seiner Form ist durch die Bewegung der Körnchenmassen die den Dotter bilden, bedingt, indem kleinere und grössere radiär gestellte Vorsprünge der Dottermasse gegen das Centrum des Keimbläschens gestellt werden.

Der Übergang der Form des Keimbläschens von reifen Eichen (Fig. 3) bis zum Schwunde des Keimbläschens kann man an einem und demselben Eichen unter dem Mikroskope beobachten, da der Übergang des einen Zustandes in den zweiten kurze Zeit nach der Besamung und nachdem die Eichen den Mutterboden verlassen haben, stattfindet. Gleichzeitig wird das Areal des Keimbläschens kleiner und es rückt unter mehrfacher passiver Gestaltänderung, die durch die Bewegung und Ortsveränderung der Körnchenmasse des Dotters innerhalb des Eichens bedingt

[1] Zu vergleichen mit Fig. 3.

C L N

ist, mehr excentrisch, bis es ganz am Rande des Dotters liegt, (Fig. 5). Während die Körnchen des Dotters gegen den centralen Theil des Eichens vorrücken, wird der Randtheil des Dotters lichter (Fig. 4), da an dieser Stelle die Körnchen des Dotters weniger dicht aneinanderstehen, als dies früher der Fall war, solange das Keimbläschen unverändert in der Mitte des Eichens lag. Hierauf wird die hellere Partie im Eichen, welche am Rande liegt und dem Keimbläschen entspricht, immer kleiner, bis man im Eichen keine Stelle mehr beobachten kann, die durch ihre Helligkeit als ein bemerkbarer Überrest des Keimbläschens zu betrachten wäre. Während die Stelle des Keimbläschens durch einen Theil der Dottermasse ausgefüllt wird, sieht man den Keimfleck (*Kf*) aus der Dottermasse treten, bis derselbe zwischen dem Dotter (*D* Fig. 5) und der selben umgebenden Hülle (*Z*) liegt. Die Veränderungen des Keimbläschens kann man auch zuweilen an Eiern beobachten, an denen keine Besamung vorgenommen wurde. Ein Austreten des Keimfleckes zu beobachten gelang mir an unbefruchteten Eiern nicht. Bei besamten Eiern dagegen, liegt der Keimfleck einige Zeit zwischen der Dotterhaut und dem Dotter, als rundes Gebilde. Bald verflacht es sich, so dass die aus der Kreislinie des Eichens (Fig. 5), durch den Keimfleck hervorgetriebene Dotterhaut in ihre frühere Lage zurücktritt (Fig. 6). Die Verflachung des Keimfleckes geht so weit, bis sich dasselbe der Oberfläche des Dotters anlegt, um bald darauf dem Beobachter keine bemerkbare Spur von seiner Existenz sehen zu lassen.

Das Ei in diesem Zustande stellt eine feinkörnige Masse dar, welche in der Eihülle eingeschlossen ist, und besteht nur aus dem Dotter, der in toto in den Furchungsprocess einbezogen wird.

Wir ersehen nun hieraus, dass das Keimbläschen durch die sich verschiebende körnige Masse des Dotters aus dem Letzteren gegen den Rand des Eichens gedrängt und aus dem Dotter gänzlich eliminirt wird. Hiebei gelangt das kleine Gebilde im Keimbläschen, welches wir als Keimfleck bezeichnen, an die Oberfläche des Dotters. Es erscheint deutlich mit Carmin gefärbt, wenn man eine solche Tinction am Eichen vornimmt.

Es scheint das Austreten des Keimbläschens aus dem Dotter an befruchteten und unbefruchteten Fisch- und Vogeleiern (Oellacher[1] ähnlich dem Vorgange bei *Serpula uncinata* zu sein. Nur ist bei letzterem Thiere der Vorgang des Eliminirens des Keimbläschens leicht zu beobachten, und lässt sich der ganze Process, so wie bei den Wirbelthieren, mit den Bewegungserscheinungen im Dotter, respective der Bewegung der Körnchenmassen in denselben, in Verbindung bringen.

Man kann sich nicht leicht verleitet sehen, dem Gebilde, welches wir als den aus dem Dotter ausgestossenen Keimfleck[2] betrachten, eine solche Rolle zu vindiciren, wie Robin seinen „*Globules polaires de l'ovule*“ sie zuschreibt, da wir die Schicksale des Keimfleckes im diesem Falle nicht weiter verfolgen können. Wir wissen nur aus directer Beobachtung, dass derselbe sich flach dem Dotter anlegt und endlich von dem Letzteren nicht zu unterscheiden ist. Ein Auftreten der *Globules polaires* an den Eichen von *Serpula uncinata* oder *Phallusia intest.* zu beobachten war ich nicht in der Lage.

Der Zustand des befruchteten Eichens ohne Kern und Kernkörperchen bleibt nur eine verhältnissmässig kurze Zeit. Bald sind an demselben die weiteren Entwickelungsvorgänge wahrzunehmen. Zu diesen ist zunächst die Retraction des Dotters zu zählen (Fig. 7). Diese manifestirt sich dadurch, dass man innerhalb der Eihülle einen Raum beobachtet (Fig. 7, *r*), der zwischen der Eihülle (*z*) und dem Dotter (*D*) liegt. Man kann nicht leicht die Vorgänge schildern, welche im Eichen während der Retraction des Dotters stattfinden, da die Retraction mit einem Male auftritt, ohne, dass man irgend welche Übergänge aus dem früheren Stadium in das der Retraction des Dotters beobachten kann. Die Retraction des Dotters wurde auch an den Eichen anderer Thiere beobachtet. Reichert hat selbe an den Eiern von Säugethieren beobachtet. Er bezeichnet den retrahirten Dotter als die erste unpaare Furchungskugel, die ein Ausgangsstück für die

---

[1] Oellacher, Beiträge zur Geschichte des Keimbläschens im Wirbelthiere. — Arch. f. mikroskop. Anat. VIII. Bd.

[2] Er liegt an derselben Stelle, an welcher die *Globules polaires* gezeichnet werden.

weiteren Furchungsproducte wäre. Kovalevsky[1] beschreibt Contractionen an Dotter von Eiern der Rippenquallen. Stricker[2] und Oellacher[3] sahen solche an den Eiern der Fische. Ich[4] beobachtete Contractionserscheinungen an dem Bildungsdotter von *Raja quadrimaculata*. Ferner beschreibt Robin[5], dass der Dotter bei *Nephelis* vor der Furchung sich auffällig retrahirt.

Es scheint, dass die Retraction des Dotters von der Eimembran bei Serpulaeiern nur ein Ausdruck der Contractionserscheinungen wäre, welche bei diesem Eidotter sich vielleicht in einer anderen Weise präsentirt, als bei den Eiern anderer Thiere. Bei diesen beobachtet man eine Wiederholung der Contraction in Form der Aussendung rundlicher, buckelförmiger Fortsätze über die Oberfläche des Dotters, welche bald eingezogen werden. Die Retraction schwindet aber im Eichen bald, indem der Dotter gleichmässig den ganzen Raum innerhalb der Eihülle ausfüllt.

Hierauf treten die zwei ersten Stücke des Dotters als die ersten Furchungskugeln auf. Jedoch gehen mit dieser ersten Zerklüftung Vorgänge einher, welche bisher die Aufmerksamkeit der Fachmänner nur im geringen Masse auf sich lenkten. Es sind dies abermals Localveränderungen der Körnchenmasse, die den Hauptbestandtheil des Dotters ausmacht. Diese Bewegung der Körnchenmasse führt zur Bildung des Kernes. Das Eichen, welches die Körnchenmasse gleichmässig vertheilt enthält, zeigt bald in der Mitte des Dotters eine hellere Partie, ähnlich einem Kerne. Sein Entstehen ist unter dem Mikroskope zu beobachten. Der entstandene Kern liegt nicht an der Stelle

---

[1] Kovalevski, Entwicklungsgeschichte der Rippenquallen. Mém. de l'Acad. des sc. St. Pétersbourg, X, Nr. 4, 1866.

[2] Stricker, Untersuchungen über d. Entwicklung der Bachforelle. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Wien 1865.

[3] Oellacher, Beitr. z. Entwicklung der Knochenfische. Leipzig 1872. Zeitschr. f. wissensch. Zool. XXII. u. XXIV. Bd. 1. Heft.

[4] Schenk, Die Eier von *Raja quadrimaculata* innerhalb der Eileiter. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien 1873.

[5] Robin, Mémoires sur les phénomènes, qui se passent dans l'ovule, avant la ségmentation du vitellus. Journal de la Physiol. 1872.

des aus dem Dotter geschwundenen Keimbläschens, noch besitzt er gleich dem Keimbläschen eine genau umschriebene Grenzcontour, sondern er verliert sich unregelmässig in radiärer Richtung und steht mit dem Protoplasma des Eichens in continuirlichem Zusammenhange. Untersucht man diesen Kern näher, so überzeugt man sich, dass derselbe kein isolirtes Gebilde innerhalb des Leibes eines Eichens darstellt, welches von der Beschaffenheit des übrigen Theiles des Dotters wesentlich verschieden wäre. Der Kern ist heller, er stellt als solcher einen undeutlich contourirten, central gelegenen Abschnitt vom Protoplasma des Eichens dar, in welchem die Körnchen des Dotters weniger dicht an einander stehen. Sein Auftreten hängt mit dem Vorgehen des Retractionszustandes des Dotters zusammen. In dem Maasse, als der entstandene Raum zwischen der Dotterhaut und dem Dotter schwindet, entsteht und vergrössert sich der centrale helle Theil des Dotters, welcher sich als Kern präsentirt. Solche entstandene Kerne sind mir mit ihren strahligen Ausläufern aus den Untersuchungen an Wirbelthiereiern bekannt. Nur fand ich selbe nicht im ganzen, unzerklüfteten Dotter entstanden, sondern an den Furchungskugeln des zerklüfteten Dotters. So begegnet man nicht selten Kernen mit strahligen Ausläufern an den sogenannten Furchungskugeln des Fischkeimes *(salmo)*, ferner an den Furchungsstücken im Drüsenkeime bei den schwanzlosen Batrachiern. In allen eben erwähnten Fällen fand ich, selbst nachdem die Eichen mit verdünnter Chromsäure behandelt wurden, im gefurchten Dotter mehrere Furchungskugeln, die einen radiär auslaufenden Kern enthielten. Allerdings waren auch daneben Furchungselemente mit rundem Kerne.

Zuweilen sieht man den ersten Kern mit radiärer Streifung an den Eiern von *Serpula* anscheinend in zwei Theile getheilt, welche Theilung meist nur zu einer Zeit zu beobachten war, während welcher die erste Trennung des Keimes in zwei Furchungsstücke vorbereitet wurde.

Man konnte in diesem Falle bei einer Einstellung des Mikroskopes, bei welcher man die Schichte des Kernes im deutlichen Sehen hatte, nur einen Kern mit seinen zugehörigen radiären Ausläufern beobachten. Hingegen sah man bei einer Einstellung der über dem Kerne gelegenen Schichte den Kern

anscheinend in zwei Theile getheilt, bedingt durch das Auftreten der Trennungslinie, welche zwischen den zwei ersten Furchungskugeln liegt, die sich über dem Kerne im Zooplasma befanden. Die Trennungslinie der zwei ersten Furchungskugeln charakterisirt sich dadurch, dass die einzelnen Körnchen an der Furche dichter an einander liegen, was sowohl für *Serpula* als auch für *Phallusia intest.* gilt. Ja ich war sogar in der Lage, an Durchschnitten von in Chromsäure gehärteten Eiern von *Bufo cin.* dieselbe Beobachtung constatiren zu können. Die dichter an einander gelegene Körnchenmasse zwischen den beiden ersten künftigen Theilungsstücken gibt bei undeutlicher Einstellung des Kernes eine anscheinend beginnende oder bereits stattgehabte Theilung des Kernes.

In seinen Studien über die Entwicklungserscheinungen an dem Eichen der Teichmuschl beobachtete Flemming[1] sowohl an dem ungefurchten Eichen, als auch in den Furchungskugeln radiär gestreifte helle Kerne.

Flemming bildet solche vollständig getheilte Kerne ab, welche Beobachtung man an den Furchungskugeln der Forellenkeime, und am ungefurchten Dotter von *Serpula* oder *Phallusia* bestätigen kann. Ich sah öfter, wenn eine Theilung am Eichen unter dem Mikroskope während meiner Beobachtung vor sich ging, dass eines von den entstandenen Furchungsstücken den ganzen Kern enthielt, während das andere Stück kernlos blieb. In diesem entstand erst später der Kern, und zwar in derselben Weise, wie ich es am ganzen Eichen zur Beobachtung bekam. Die Körnchenmasse häufte sich im peripheren Theile des Furchungsstückes dichter an, dass es dabei central zur Bildung einer lichteren Stelle kam, welche sich ähnlich dem Kerne mit seinen radiären Ausläufern im ganzen Eichen gestaltete. Man sah in ihm die Körnchen weniger dicht an einander liegen, als im übrigen Protoplasma des Furchungsstückes, wesshalb er im durchfallenden Lichte heller erscheint. Man ersieht hieraus, dass sowohl an den Theilungsproducten als auch am ganzen Eichen die Kernbildung durch eine ungleichmässige Vertheilung der Körnchenmasse zu Stande kam, wobei im Protoplasma cen-

[1] Flemming, Archiv f. mikroskop. Anatomie. Bd. X, Heft 3, 1874.

tralwärts eine lichte Stelle zu beobachten ist. Der radiär auslaufende Kern gestaltet sich in den meisten Fällen zu einem kreisförmig umschriebenen Kerne um, wie man ihn in allen bisher bekannten Abbildungen sieht. Allein alle kreisförmig umschriebenen Kerne scheinen vielleicht nicht in allen Fällen in der beschriebenen Weise entstanden zu sein. Es ist möglich und ich gebe es gerne zu, dass es auch andere mir nicht bekannte Entstehungsweisen von Kernen im ganzen Dotter und den Furchungsstücken der sich entwickelnden Eier gibt. Jedoch ist die eben beschriebene Weise nach meinen Beobachtungen sowohl an *Serpula*- und *Ascidien*-Eiern, als auch an den Eiern einiger Vertebraten als festgestellt zu betrachten. Der Kern ist in den Furchungsstücken nach seiner Entstehungsweise als ein centraler Theil des Protoplasma's aufzufassen, mit weniger dicht an einander stehenden Körnchen, welcher aus dem Protoplasma entstanden ist. Protoplasma und Kern sind mit einander innig vereinigt.

Hieran knüpfe ich noch einige Beobachtungen über den Furchungsprocess an, die ich an den Eiern der *Serpula* und der einfachen *Ascidien* gemacht habe. Sie scheinen im Wesentlichen nicht von den Vorgängen, welche an anderen Thieren beobachtet wurden, abzuweichen. Sowohl im Rythmus der Furchung, als auch in der Anordnung der Elemente um eine frühzeitig angelegte Höhle, stimmen die Eichen dieser Thiere mit den übrigen überein. Bald nachdem das Eichen central einen hellen Kern besitzt, beginnt die regelmässige Theilung des Dotters. Ihr geht eine dichtere Anhäufung der Körnchenmasse im Protoplasma voraus. Man sieht anfangs bloss dunkle Streifen, die den späteren Furchen entsprechen. Bald sieht man an der Stelle der dunklen Streifen vom Rande her eine Furche entstehen, die anfangs gleich einem kleinen Einschnitte erscheint, später aber tiefer wird. Von beiden Seiten kommen die Furchen im Centrum zusammen und treten in directen Zusammenhang.

Durch die Untersuchungen Brücke's[1] über den Bau der kernhaltigen Blutkörperchen wurden wir belehrt, dass jenes

[1] E. Brücke. Über den Bau der rothen Blutkörperchen. Sitzungsb. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. 56. Bd. 2. Abth. p. 79.

Stück, welches wir gemeinhin als Kern in den Blutkörperchen bezeichneten, kein isolirtes Gebilde darstellt, sondern dass derselbe noch mit einem Theile des übrigen Zellenleibes, den fortsatzähnlichen Trägern des Hämoglobins[1], in continuirlichem Zusammenhange steht. Ferner zeigte Fleischl[2], dass der Kern in den Ganglienzellen nicht das kugelige, ringsum begrenzte Gebilde ist, sondern zu ihm gehören noch eine Reihe von Fortsätzen, durch welche er mit dem Zellenleibe in continuirlichem Zusammenhange steht. Man ersieht hieraus, dass der Kern sowohl genetisch, als auch nach den Beobachtungen an einzelnen ausgebildeten Elementen nicht als ein vom übrigen Protoplasma anatomisch Trennbares anzusehen ist. So haben wir aus dem ersten unpaaren Stücke zwei erhalten, deren Rand eine dichtere Anhäufung der Körnchen zeigt. In ähnlicher Weise treten die Furchen in späteren Stadien auf. Nur ist zu beobachten, dass bei der beginnenden Vertheilung des Dotters sowohl von innen, d. i. von jener Stelle, die centralwärts an einer der zwei ersten Furchungskugeln liegt, als auch von aussen, d. i. vom Eiumfange der ersteren Stelle entgegengesetzt, mit einander zusammentreffen und sich vereinigen. Die Kerne an den einzelnen Furchungsstücken entstehen zumeist in der beschriebenen Weise. Abweichungen von der geschilderten Beobachtung beschränken sich zumeist nur darauf, dass die einzelnen, entstandenen Stücke nicht gleich gross sind. Ferner besitzen nicht alle Furchungsstücke, die zu gleicher Zeit zu sehen sind, Kerne und wenn sie solche besitzen, so sind sie bei dem einen circumscript, bei den anderen laufen sie radiär aus. Endlich beobachtet man nicht selten eine unpaare Anzahl von Furchungsstücken. Drei oder fünf Stücke sind oft zu sehen.

Bald tritt die weitere Zerklüftung des Dotters auf, so dass man eine grössere Anzahl von Furchungsstücken sieht. Dabei ist eine Furche zu beobachten, die als die grösste gilt, welche

---

[1] Kern, Fortsätze sammt Haemoglobin zusammen werden als Zooid bezeichnet.

[2] Fleischl E. Über die Wirkung von Borsäure auf frische Ganglienzellen. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. LXI. Bd. 2. Abth. 1870.

mit der ersten Äquatorialfurche bei den Eiern der Wirbelthiere zu vergleichen ist. Sie wird von mit einander parallel laufenden Furchen gekreuzt, die mit den Meridionalfurchen bei den Wirbelthieren zu vergleichen sind. Beim Weiterschreiten des Furchungsprocesses ordnen sich die Furchungskugeln um eine central gelegene Höhle (Fig. 9, *h*) an. Man sieht alsdann zwei concentrische Lagen von Furchungsstücken, wie sie Kovalevsky[1] an sich entwickelnden Eiern von Arthropoden und Würmern zeichnet und beschreibt. Die centrale Höhle ist der Furchungshöhle der Säugethiere gleichzustellen. Bei beiden findet man anfangs die grossen Furchungskugeln als die die Höhle umgebenden Gebilde.

In diesem Zustande macht das Ei rasche Drehbewegungen, bedingt durch die Bewegung sehr feiner Cilien, deren Entstehungsweise mir vollständig unbekannt ist. Es scheint, als wenn es die Reste der am Eichen haftenden Spermatozoën wären, deren Kopftheile vollkommen unsichtbar sind, deren Schwanztheile aber als sich bewegende Flimmerhärchen die drehende Bewegung veranlassen. Bald verändert die Höhle ihre Form, sie wird dreieckig und kommt ausserhalb des Centrums des Eichens zu liegen. Sie befindet sich alsbald in einer Eihälfte, deren grössten Theil sie ausmacht. Die Furchungsstücke sind alsdann in einer anderen Weise angeordnet, als wir dies in Fig. 9 abbildeten. Die Höhle wird in einem Theile, ungefähr der halben Circumferenz des Eichens, nur von zwei Reihen von Zellen begrenzt, während in der anderen Hälfte die gefurchten Stücke massenhafter angeordnet sind. Wir kommen hier jenem Stadium der Entwickelung im Batrachiereie näher, in dem wir eine Furchungshöhle, über selber eine dünne Decke und unter ihr einen dicken Boden der Höhle sehen. Bald daranf wird die Höhle in der Richtung des Querdurchmessers länger, so dass selbe endlich ein spaltförmiges Aussehen gewinnt (Fig. 10, *h*). Die umgebenden Elemente dieser Höhle sind deutlich contourirte Furchungskugeln. Von ihnen ist zu bemerken, dass selbe sowohl an der Decke, als auch im Boden

---

[1] Entwicklungsgeschichte der Arthropoden und Würmer. Petersb. Akad. d. Wiss. 1873.

der Höhle von gleicher Grösse sind, was mit den Verhältnissen am Batrachiereichen bezüglich der Ausbildung der Dotterhöhle nicht übereinstimmt, da bei diesem die Elemente an der Decke der Furchungshöhle kleiner, als am Boden derselben sind, wo man sogar noch grösseren, ungefurchten Massen begegnet.

Zum Schlusse spreche ich dem Herrn Dr. v. Syrski, Director des Museums in Triest, für sein freundliches Entgegenkommen bei meinen Arbeiten am Meere, meinen herzlichen Dank aus.

Schem

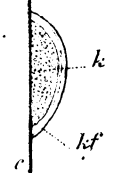


Fig. 4.

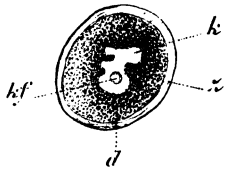
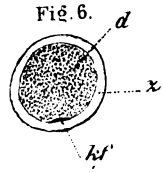


Fig. 6.



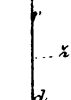
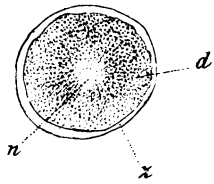


Fig. 8.



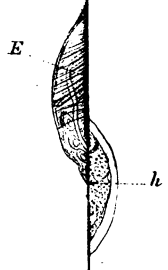
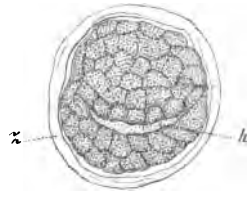


Fig. 10.



Gez. v. Verf. u. D

K.k. Hof- u. Staatsdruckerei.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1 und 2 stellen Querschnitte aus der Mitte des Thierleibes von *Serpula uncinata* (Grube) dar.
„ 3. Ein unbefruchtes Ei der *Serpula*.
„ 4. Befruchtetes Eichen desselben Thieres mit der veränderten Gestalt des Keimbläschens.
„ 5. Ausgetretener Keimfleck an demselben Ei.
„ 6. Verflachung des Keimfleckes.
„ 7. Retraction des Dotters.
„ 8. Der Dotter nach der Retraction, Auftreten des Kernes.
„ 9 und 10. Eichen von *Serpula* mit der Furchungshöhle.

a. Epidermis.
B. Bauchfläche des Thieres.
b. Cutis und subcutanes Gewebe.
D. Dotter *D*, Darm.
E. Eichen.
G. Gefässe.
H. Furchungshöhle.
K. Keimbläschen.
Kf. Keimfleck.
M. Musculatur am Rücken.
M. Musculatur am Bauche.
N. radiär auslaufender Kern.
P. Grössere Körperchen in der Cutis.
R. Rückenfläche des Thieres.
r. Lücke durch Retraction des Dotters entstanden.
s. Sperma.
St. Horngebilde, (Stacheln).
V. Vorsprünge in dem Darm.
Z. Eikapsel.

XXVIII. SITZUNG VOM 10. DECEMBER 1874.

Der Secretär theilt drei Schreiben, von den Herren Dr. F. Steindachner, Prof. Dr. Camil Heller und Dr. E. v. Marenzeller, mit, worin diese ihre Bereitwilligkeit aussprechen, die von der österr.-ungar. Polarexpedition mitgebrachten Thiere zu bearbeiten, und zwar wird Steindachner die Fische, Heller die Crustaceen und Ascidien und v. Marenzeller die übrigen niederen Thiere übernehmen.

Der akademische Verein der Mathematiker und Physiker in Wien dankt, mit Zuschrift vom 3. November, für die Betheilung mit dem „Anzeiger" der Classe.

Se. Excellenz Herr Vice-Admiral B. Freiherr von Wüllerstorf-Urbair übersendet eine für die Denkschriften bestimmte Abhandlung, betitelt: „Die meteorologischen Beobachtungen und die Analyse des Schiffcurses während der Polarexpedition unter Weyprecht und Payer 1872—1874."

Herr Dr. F. Steindachner übermittelt eine Abhandlung: „Die Süsswasserfische des südöstlichen Brasiliens."

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow berichtet über den Erfolg der österr. Expedition zur Beobachtung des Venus-Durchganges in Jassy.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia fisio-medico-statistica di Milano: Atti. Anno accademico 1874. Milano; 8°.

Annalen (Justus Liebig's) der Chemie. Band 174, Heft 3. Leipzig & Heidelberg, 1874; 8°.

— der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XXII. Band. Jahrgang 1872. Wien, 1874; 8°.

Antoine, Charles. Du roulis par calme. Brest, 1874; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 33—34. Wien, 1874; 8°.

Bertelli, P. D. Timoteo, Tromosismometro. Roma, 1874; 4°. — Appunti storici intorno alle ricerche sui piccoli e spontanei moti dei pendoli fatte dal secolo XVII in poi. Roma, 1873; 4°. — Sull' aurora boreale del 4 febbrajo 1872. Roma, 1873; 4°.

Bertin, L. E., Données théoriques et expérimentales sur les vagues et le roulis. Paris, 1874; 8°. — Étude sur la ventilation d'un transport-écurie, (et Rapport sur ce Mémoire). 4°. — Note sur la résistance des carènes dans le roulis des navires et sur les qualités nautiques, (et Rapport sur ce Mémoire). 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des sciences physiques et naturelles. N.P. Tome LIe. Nr. 203. Genève, Lausanne, Paris, 1874; 8°.

Brusina, Spiridion, Fossile Binnen-Mollusken aus Dalmatien, Kroatien und Slavonien. Agram, 1874; 8°.

Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1874, Nr. 7 e 8. Roma; gr. 8°.

Commission de météorologie de Lyon: Observations météorologiques faites à l'Observatoire de Lyon du 1er Déc. 1871 au 1er Déc. 1872. gr. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIX, Nr. 21. Paris, 1874; 4°.

Gesellschaft, k. k. geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XVII (neuer Folge VII) Nr. 11. Wien, 1874; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. IX. Band, Nr. 23. Wien, 1874; 4°.

— Wetterauische, für die gesammte Naturkunde: Bericht über den Zeitraum vom 1. Jänner 1868 bis 31. December 1873. Hanau, 1874; 8°.

— Deutsche, für Natur- und Völkerkunde Ostasiens: Mittheilungen. 5. Heft. Juli 1874. Yokohama; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 49. Wien, 1874; 4°.

Hamburg, Stadtbibliothek: Gelegenheitsschriften für d. J. 1873/4. 4°.

Jahresberichte: Siehe Programme.

Kiel, Universität: Academische Gelegenheitsschriften vom Jahre 1873. Band XX. Kiel, 1874; 4°.

Lanzillo, Vincent, L'électro-vigile ou moyen d'aviser les tentatives de vol et le commencement d'incendie. Turin, 1874; 8°.

Nachrichten über Industrie, Handel und Verkehr aus dem statistischen Departement im k. k. Handels-Ministerium. IV. Band, 3. Heft. Wien, 1874; 4°.

Nature. Nr. 266, Vol. XI. London, 1874; 4°.

Programme und Jahresberichte der Gymnasien zu Arnau, Brixen, Brünn, Eger, Feldkirch, Hermannstadt, Kaschau, Kremsmünster, Kronstadt, B.-Leipa, Leoben, Marburg, Pisek, Pressburg, Radautz, Roveredo, Saaz, Schässburg, Trient, des akademischen Gymnasiums, des Gymnasiums der k. k. Theresianischen Akademie und zu den Schotten in Wien, des Gymnasiums zu Zara, der k. k. technischen Hochschule in Wien und der Landes-Unterreal- u. Gewerbe-Schule zu Waidhofen an der Ybbs. 4° & 8°.

„Revue politique et littéraire" et „Revue scientifique de la France et de l'étranger." IVe Année, 2me Série, Nr. 23. Paris, 1874; 4°.

Schmidt, C., Hydrologische Untersuchungen. III—VI. 8° & 4°. — Essbare Erden aus Lappland und Süd-Persien. 8°.

Società degli Spettroscopisti Italiani: Memorie. Anno 1874, Disp. 10^a. Palermo; 4°.

Société Linnéenne du Nord de la France: Bulletin mensuel. 3e Année. 1874. Nrs. 29—30. Amiens; 8°.

— de Médecine et de Chirurgie de Bordeaux: Mémoires et Bulletins. 1er et 2e fascicules 1874. Paris & Bordeaux; 8°.

Toner, J. M., Contributions to the Study of Yellow Fever. Washington; 8°. — Dictionary of Elevations and Climatic Register of the United States. New-York, 1874; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang, Nr. 49. Wien, 1874; 4°.

XXIX. SITZUNG VOM 17. DECEMBER 1874.

Die Direction der k. k. geologischen Reichsanstalt ladet, mit Circular-Schreiben vom December l. J., zu dem am 5. Jänner 1875 zu begehenden Feste ihres 25jährigen Bestandes ein.

Die k. k. Gymnasial-Direction zu Saaz dankt, mit Zuschrift vom 19. November, für die Betheilung mit Separatabdrücken und dem Anzeiger.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Die genetische Gliederung der Flora Australiens", von Herrn Prof. Dr. Const. Freih. v. Ettingshausen in Graz. Diese Abhandlung ist für die Denkschriften bestimmt.

„Über eine neue Art von Variationstönen", von Herrn Dr. V. Dvořák, eingesendet von Herrn Regrth. E. Mach in Prag.

„Analyse des Poschitzer Sauerbrunnens" und Notiz für den Anzeiger: „Zur Kenntniss der Oxydationsproducte des Camphers", von Herrn J. Kachler in Prag, eingesendet durch Herrn Prof. Dr. A. Lieben.

„Über das Verhalten gesättigter Dämpfe", von Herrn Prof. K. Puschl in Seitenstetten.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Über die Gesetze der magnetischen und elektrischen Kräfte in magnetischen und dielektrischen Medien und ihre Beziehung zur Theorie des Lichtes."

Herr Oberlieutenant Jul. Payer hält einen Vortrag über die während seiner Schlittenreise auf Franz-Josephs-Land gesammelten Erfahrungen.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

American Chemist. Vol. V, Nrs. 2 & 3. New York. 1874; 4°.

Apotheker-Verein, allgem. österr. Zeitschrift (nebst Anzeigen-Blatt). 12. Jahrgang, Nr. 35. Wien, 1874; 8°.

Bericht über die Weltausstellung zu Wien im Jahre 1873. Herausgegeben durch die küstenländische Ausstellungs-Commission in Triest. Redigirt von Friedr. Bömches. Triest, 1874; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIX, Nr. 22. Paris, 1874; 4°.

Freiburg i. Br., Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1873/4. 4° & 8°.

Friesach, Karl, Theorie der Planetenvorübergänge vor der Sonnenscheibe. Leipzig, 1874; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXV. Jahrgang, Nr. 50. Wien, 1874; 4°.

Giessen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1874. 4°.

Halle, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1874. 4°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik. IV. Band. Jahrgang 1872, Heft 2. Berlin, 1874; 8°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, von A. Naumann und A. Laubenheimer. Für 1872. I. & II. Heft. Giessen, 1874; 8°.

Landbote, Der steierische. 7. Jahrgang, Nr. 25. Graz, 1874; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1874, Nr. 18. Wien; 4°.

Lese-Verein, akademischer, an der k. k. Universität und k. k. technischen Hochschule in Graz: VII. Jahresbericht. 1874. Graz; 8°.

Lotos. XXIV. Jahrgang. October—November 1874. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1874, 11. Heft. Wien; 8°.

Museo, civico, Ferdinando Massimiliano in Trieste. Trieste, 1874; 4°.

Nature. Nr. 267, Vol. XI. London, 1874; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1874, Nr. 14. Wien; 4°.

Reichsforstverein, österr.: Österr. Monatsschrift für Forstwesen. XXIV. Band, Jahrg. 1874, November-Heft. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ IVe Année, 2me Série, Nr. 24. Paris, 1874; 4°.

Riccardi, P., Biblioteca matematica Italiana. Fasc. 2° (Vol. II). Modena, 1874; 4°.

Societas Entomologica Rossica: Horae. T. X. Nr. 1—3. Petropoli, 1873 et 1874; 8°. — Iroudy, T. VII, Nr. 4. St. Petersburg, 1874; 8°. — Beiträge zur näheren Kenntniss der in dem Baikal-See vorkommenden niederen Krebse aus der Gruppe der Gammariden. Von B. N. Dybowsky. St. Petersburg, 1874; 4°.

Verein für vaterländische Naturkunde in Württemberg: Jahreshefte. XXVIII. Jahrgang, 1.—3. Heft. Stuttgart, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXIV. Jahrgang. Nr. 50. Wien, 1874; 4°.

Woldřich, J., Verschlackte Steinwälle und andere urgeschichtliche Bauten in der Gegend von Strakonic. — Durchforschung des Tumulus von Zegersdorf. Schreiben des Grafen H. v. Mannsfeld an J. Woldřich. — Urgeschichtliche Studien in der Wiener Weltausstellung 1873. Wien, 1874; 8°. (Aus Bd. IV der Mittheil. der anthropologischen Gesellschaft in Wien.)

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXVI. Jahrgang. 16. Heft. Wien, 1874; 4°.

2 of
165